

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université de Blida 1**



**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département des Sciences Alimentaires**

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master en

**Spécialité : Agro-alimentaire et Contrôle de Qualité**

**Filière : Sciences Alimentaires**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Thème**

**Optimisation et évaluation de la qualité des biscuits  
formulés à partir de différents ingrédients par la  
méthodologie des surfaces de réponses**

**Présenté par :**

**M<sup>lle</sup> KELLAS Souad**

**M<sup>lle</sup> RIGHI Fethia**

**Devant le jury composé de :**

**Mr. KADRI B.**

**MCB à l'Université Blida 1**

**Président**

**Mr. BOUGHERRA F.**

**MCB à l'Université Blida 1**

**Examineur**

**Mme. AIT CHAOUCHE F.S.**

**MCB à l'Université Blida 1**

**Promotrice**

**Année universitaire : 2021/2022**

## ***Remerciements***

Nous adressons tout d'abord, nos profonds remerciements et louanges à Allah le tout puissant, qui nous a guidé sur le droit chemin et donné le courage et la volonté d'achever ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance et notre profond respect à notre directrice de mémoire, Madame **AIT CHAUCHE F.S**, Maître de conférences B à l'Université de Blida 1, pour son sérieux, son orientation, son suivi, son aide, sa patience, sa rigueur scientifique, ses précieux conseils et l'orientation dont nous ont pu bénéficier et sans qui cette thèse n'aurait jamais vue le jour.

Nous tenons aussi à remercier Monsieur **KADRI B**, Maître de conférences B à l'Université de Blida 1, d'avoir accepté d'honorer la présidence du jury.

Un grand remerciement à Monsieur **BOUGHERRA F**, Maître de conférences B à l'Université de Blida 1, pour avoir bien voulu examiner ce travail et être membre de jury.

En fin, nous adressons nos profondes gratitudee à nos familles qui nous ont toujours soutenus, et à l'ensemble du personnel du Département Agro-alimentaire.



# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes parents Abd. El Kader et Samia Bouyaiche qui m'ont donné beaucoup  
De soutien et d'encouragement, symbolisant pour moi le sacrifice et la source  
D'où naît la lumière qui éclaire ma vie, et pour qui, aucune dédicace  
N'exprimera la profondeur de mon amour.*

*A mon Frère Rami pour son véritable et sincère amour. Je le souhaite  
Une vie pleine de succès, de joie du bonheur et de prospérité.*

*A ma sœur Louiza pour son soutien et encouragements permanents.*

*A mes formateurs qui m'ont dirigé vers le chemin de succès par leur  
Compréhension et leur conseil. Veuillez trouver dans ce travail,  
L'expression de mes profondes reconnaissances et ma grande estime.*

*A mes cousines Lina et Rima avec qui j'ai partagé des moments  
Agréables et qui ont contribué de près ou de loin  
À l'élaboration de ce travail.*

*A Mohammed et sa famille pour l'encouragement et  
L'aide qu'il m'a toujours accordé.*

*Kellas souad*





# *Dédicace*

*”Dire merci donne un sens à notre passé, apporte la sérénité à notre présent et crée une vision positive du futur... ”.*

*Avec l’expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à :  
Celui de qui je suis toujours fière, celui qui je porte toujours dans mon esprit, celui qui nous  
quittés jamais ; **mon père** ♥ que DIEU l’accueil dans ces vastes Paradies.  
Essentiellement à la source de la tendresse, de la patience, de la générosité et celle qui m’a  
appris le secret de la réussite, **ma très chère mère** ♥.*

*Mon très cher frère **Abdenmour** et sa femme **Hafsa** : Les mots n’arrivent pas à  
exprimer le respect, le remerciement, l’attachement, et l’amour que je vous porte, Je vous  
souhaite une longue et belle vie et un avenir radieux et plains de bonheur.*

*Mes tendres petites princesses **Ilham, Batoul**, ainsi qu’à mon adorable petit ange  
**Monsef**, que DIEU vous protège et vous garde pour nous.*

*Sans oublier mon binôme **Fida** pour d’avoir eu le courage d’achever ce travail malgré  
tout ce qu’elle a enduré, pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au  
long de ce projet.*

*Mes très chères copines ” sœurs du cœur ” : **Manel, Hayet, wafaa, Nassima**. Ce fut  
un bonheur immense de passer ces dernières années, entourée de vous. Je souhaite que notre  
amitié soit éternelle.*

*A tous ceux ou celles que j’aime, que je n’ai pas mentionné mais que je n’ai pas  
oublié... Merci d’avoir été toujours à mes côtés.*

*Righi fethia*



## Résumé

Une formulation de biscuits fonctionnels enrichis en fibres alimentaires, par l'intégration des farines de blé complet et de dattes, et contenant une teneur en matières grasses et en sucre inférieure à celle des biscuits conventionnels a été optimisée à l'aide de la méthodologie des surfaces de réponses (MSR). Le plan de Box Behnken à trois facteurs a généré quinze formulations différentes de biscuits. Les résultats obtenus indiquent que le modèle étudié est significatif avec 82% de compatibilité des données expérimentales. Les analyses organoleptiques montrent une excellente acceptabilité des biscuits formulés. Il s'est avéré que la teneur en matière grasse représente le facteur le plus déterminant de l'acceptabilité totale. Les résultats de cette étude ont permis de déterminer les proportions optimales pour formuler un biscuit ayant une acceptabilité totale appréciable. Ces proportions sont de 40% pour la teneur en matière grasse, pour le rapport entre la farine de blé complet et la farine de dattes les valeurs sont comprises entre 92% de la farine blé complet, donc pas moins de 8% de farine de dattes, et une valeur du sucre inférieure à 28%.

**Mots clés :** Biscuit, farine de dattes, optimisation, méthodologie des surfaces de réponses, analyses organoleptiques.

## **Abstract**

A formulation of functional biscuits enriched with dietary fibre, by integrating whole wheat and date flours, and containing a lower fat and sugar content than conventional biscuits, was optimized using the methodology of response surfaces (MSR). Box Behnken's three-factor plan generated fifteen different cookie formulations. The results obtained indicate that the model studied is significant with 82% compatibility of the experimental data. The organoleptic analyzes show excellent acceptability of the formulated biscuits. It turned out that the fat content represents the most determining factor of the total acceptability. The results of this study made it possible to determine the optimal proportions for formulating a biscuit with appreciable total acceptability. These proportions are 40% for the fat content, for the ratio between whole wheat flour and date flour the values are between 92% of whole wheat flour, so not less than 8% of date flour, and a sugar value of less than 28%.

**Keywords :** Biscuit, date flour, optimization, response surface methodology, organoleptic analyses.

## ملخص

تم تحسين تركيبة من البسكويت الوظيفي المخصب بالألياف الغذائية، عن طريق دمج دقيق القمح الكامل ودقيق (MSR) التمر، وتحتوي على نسبة دهون وسكر أقل من البسكويت التقليدي، باستخدام منهجية أسطح الاستجابة ثلاثية العوامل خمسة عشر صيغة مختلفة من ملفات تعريف الارتباط. النتائج التي تم Box Behnken أنتجت خطة الحصول عليها تشير إلى أن النموذج المدروس ذو دلالة إحصائية مع توافق 82% من البيانات التجريبية. تظهر التحليلات الحسية قبولاً ممتازاً للبسكويت المصنوع. اتضح أن محتوى الدهون يمثل العامل الأكثر تحديداً للقبول الكلي. مكنت نتائج هذه الدراسة من تحديد النسب المثلى لتكوين بسكويت بقبول كامل ملموس. هذه النسب هي 40% لمحتوى الدهن، أما النسبة بين دقيق القمح الكامل ودقيق التمر فتتراوح القيم بين 92% من دقيق القمح الكامل بحيث لا نقل عن 8% من دقيق التمر وقيمة سكر أقل من 28%.

**الكلمات المفتاحية:** البسكويت، طحين التمر، التحسين، منهجية الاستجابة السطحية، التحليلات الحسية.

Table des matières

*Résumé*

*Liste des figures*

*Liste des tableaux*

*Liste des abréviations*

*Introduction* ..... 1

**Partie I : Etude bibliographique**

***Chapitre 1 : Généralités sur les biscuits***

**1.1.** Historique d'apparition du biscuit ..... 3

**1.2.** Description du terme « biscuit » ..... 3

**1.3.** Classification des biscuits ..... 4

**1.4.** Etapes de fabrication des biscuits ..... 5

**1.4.1.** Mixage ou préparation de la pâte ..... 6

**1.4.2.** Pétrissage ..... 6

**1.4.3.** Façonnage et découpage ..... 7

**1.4.4.** Cuisson ..... 7

**1.4.5.** Refroidissement ..... 7

**1.4.6.** Conditionnement et emballage ..... 8

**1.5.** Rôle des ingrédients de biscuit ..... 8

**1.5.1.** Rôle des principaux ingrédients ..... 8

**1.5.1.1.** La farine ..... 8

**1.5.1.1.1.** Définition ..... 8

**1.5.1.1.2.** La meunerie ..... 9

**1.5.1.1.3.** Les types des farines ..... 9

**1.5.1.1.4.** Rôle de farine ..... 11

**1.5.1.2.** L'eau ..... 11

**1.5.1.3.** La matière grasse ..... 12

**1.5.1.4.** Le sucre ..... 13

**1.5.1.5.** La levure chimique ..... 14

**1.5.2.** Rôle des ingrédients facultatifs ..... 14

**1.5.2.1.** Le sel ..... 14

**1.5.2.2.** Le lait ..... 14

**1.5.2.3.** Les œufs ..... 15

**1.5.2.4.** Les arômes ..... 15

**1.5.2.5.** Les améliorants ..... 15

**1.5.2.6.** Les émulsifiants ..... 15

**1.6.** Production des biscuits ..... 16



## Table des matières

---

1.6.1. Dans le monde .....	16
1.6.2. En Algérie .....	17
1.7. La consommation des biscuits .....	17
1.7.1. Consommation dans le monde .....	17
1.7.2. Consommation en Algérie .....	19
1.8. Filière des biscuits en Algérie .....	20

### *Chapitre 2: Qualité des biscuits*

2.1. Notions générales sur la qualité .....	21
2.1.1. Définition de la qualité .....	21
2.1.2. Les éléments de la qualité .....	21
2.1.3. Les éléments de la qualité .....	21
2.1.3.1. La qualité hygiénique .....	21
2.1.3.2. La qualité nutritionnelle .....	22
2.1.3.3. La qualité organoleptique .....	22
2.2. La qualité de biscuit .....	22
2.3. Les critères d'évaluation de la qualité de biscuit .....	23
2.3.1. Caractéristiques physico-chimiques .....	23
2.3.1.1. Humidité finale .....	23
2.3.1.2. Volume .....	23
2.3.1.3. Texture .....	23
2.3.2. Caractéristiques nutritionnelles .....	24
2.3.3. Caractéristiques organoleptiques .....	23
2.3.3.1. Couleur .....	24
2.3.3.2. Goût, arôme et flaveur .....	24
2.4. Composition et apport nutritionnel .....	25
2.5. La consommation des fibres dans les biscuits .....	26
2.5.1. Les biscuits enrichis en fibres .....	26
2.6. Qualité rhéologique et technologique .....	27
2.6.1. Les caractéristiques technologiques .....	28

## Table des matières

---

2.6.2.	Les facteurs influençant à la qualité de biscuit .....	28
2.6.2.1.	La durée du stockage des biscuits .....	28
2.6.2.2.	Les altérations microbiologiques .....	29
2.6.2.3.	Les altérations physico-chimiques .....	29
2.6.3.	Les bienfaits et les risques de consommation des biscuits .....	29
2.6.3.1.	Les bienfaits .....	29
2.6.3.2.	Les risques .....	30
2.7.	Méthodologie des Surfaces de Réponses .....	30
<i>Chapitre 3 : Valorisation de la datte algérienne</i>		
3.1.	Description botanique de la datte algérienne .....	33
3.1.1.	Aspet botanique .....	33
3.1.2.	Formation et stades de maturation .....	33
3.1.3.	Classification des dattes .....	35
3.1.4.	Les principales variétés des dattes .....	35
3.2.	La composition de datte .....	37
3.2.1.	Composition de pulpe « Partie comestible » .....	37
3.2.2.	Composition physico-chimique .....	38
3.2.2.1.	La teneur en eau .....	38
3.2.2.2.	Le pH .....	38
3.2.2.3.	L'acidité .....	38
3.2.3.	Composition biochimique .....	39
3.2.3.1.	Les sucres totaux et sucres réducteurs .....	39
3.2.3.2.	Protéines et acides aminés .....	40
3.2.3.3.	Les lipides.....	41
3.2.3.4.	Les fibres.....	41
3.2.3.5.	Les éléments minéraux.....	42
3.2.3.6.	Les vitamines .....	42
3.2.3.7.	Les enzymes .....	43
3.2.3.8.	Les Composés phénoliques .....	43
3.2.3.9.	Les antioxydants .....	43
3.2.4.	Composition biochimique de la partie non comestible "Noyau " .....	44
3.3.	Intérêt nutritionnel et diététique .....	44
3.4.	Technologie de transformation de la datte .....	45
3.4.1.	La pâte de dattes .....	45
3.4.2.	Farine de dattes .....	45
3.4.3.	Sirop, confiture des dattes .....	46
3.4.4.	Alcool .....	46
3.4.5.	Le vinaigre .....	46

## Table des matières

---

3.4.6. Les autres produits .....	46
3.5. Importance économique de la transformation de la datte .....	46
3.6. Valorisation technologique de la datte algérienne par l'incorporation dans la fabrication des biscuits .....	47
3.7. Législation algérienne relative à l'utilisation des produits de dattes .....	48
3.8. La production de dattes .....	49
3.8.1. Production mondiale .....	49
3.8.2. Production des dattes en Algérie .....	50

### **Partie II: Etude expérimentale**

#### ***Chapitre 4 : Matériel et méthodes***

4.1. Objectif et lieu de travail .....	52
4.2. Matériel .....	52
4.2.1. Matériel biologique .....	52
4.2.1.1. La farine de dattes .....	52
4.2.1.1.1. La datte .....	52
4.2.1.1.2. L'obtention de la farine de dattes .....	53
4.2.1.2. La farine de blé complet .....	54
4.2.2. Matériel non biologique .....	55
4.3. Méthodes.....	55
4.3.1. Caractérisation physique de la farine de dattes .....	55
4.3.2. Analyses physico-chimiques des matières premières .....	55
4.3.2.1. Test d'humidité .....	55
4.3.2.2. Détermination de la teneur en cendres (NA 733/1990) .....	56
4.3.2.3. Détermination de pH (NFV05-108/1970) .....	67
4.3.2.4. Détermination de l'acidité titrable (NF V05-101/1974) .....	57
4.3.2.5. Détermination la teneur en fibres .....	58
4.3.2.6. Détermination de la teneur en protéines .....	59
4.3.2.7. Détermination du taux de lipides (AFNOR T90- 501 et T 90-506) .....	61
4.3.2.8. Détermination du taux en sucre totaux (Méthode du Dubois) .....	62
4.3.3. Optimisation de la formulation des biscuits par la M.S. R .....	63
4.3.4. Formulation du biscuit .....	64
4.3.5. Evaluation sensorielle .....	67
4.3.5.1. Sujets.....	67

## Table des matières

---

4.3.5.2. Épreuve et descripteur sensoriels .....	67
4.3.5.3. Mode de présentation des échantillons.....	67
4.3.5.4. Analyses des données .....	68
4.3.6. Analyses physico-chimiques et organoleptiques du meilleur biscuit .....	68
4.3.6.1. Détermination des caractéristiques physiques .....	68
4.3.6.2. Caractérisations physico-chimiques de biscuit .....	68
4.3.6.2.1. Le calcul de la valeur énergétique .....	69
<b>Chapitre 5: Résultats et discussion</b>	
5.1. Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières .....	70
5.1.1. Caractérisation physique de la farine de datte .....	70
5.2. Optimisation de la qualité des biscuits formulés par la méthodologie des surfaces de réponses .....	74
5.2.1. Analyse statistique .....	74
5.2.2. L'analyse sensorielle .....	74
5.2.3. Interprétation des résultats par la Méthodologie des Surface de Réponses .....	76
5.2.3.1. Analyse de screening .....	76
i. Le diagramme de Pareto pour l'acceptabilité sensorielle totale .....	76
5.2.3.2. Analyse de la variance .....	77
5.2.3.3. Modélisation statistique de la formulation .....	78
i. Modélisation de la réponse acceptabilité sensorielle totale .....	79
5.2.3.4. Représentation graphique de l'effet des différents facteurs sur la réponse acceptabilité sensorielle totale .....	80
i. Variation de la réponse acceptabilité sensorielle totale en fonction du rapport farine de blé complet/farine de dattes et de matière grasse .....	80
ii. Variation de la réponse acceptabilité sensorielle totale en fonction du rapport farine de blé complet /farine de dattes et du sucre .....	82
iii. Variation de la réponse acceptabilité sensorielle totale en fonction de la matière grasse et du sucre .....	83
5.2.3.5. Optimisation d'acceptabilité totale de biscuit fonctionnel par la méthode de fonction de désirabilité .....	85
5.2.4. Résultats des analyses physico-chimiques de la pâte non cuite et du produit fini...	86
<b>Conclusion</b> .....	89

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Différents types de biscuits en fonction de la teneur en farines, en matières grasses et en sucres .....	4
<b>Figure 2:</b> Organigramme des étapes de fabrication des biscuits .....	6
<b>Figure 3:</b> Effet de type du la matière grasse sur les caractéristiques farinographiliques de la pâte de biscuit .....	12
<b>Figure 4:</b> Production de biscuits industriels sucrés en Europe en Kilogramme par an par habitant en 2014. ....	16
<b>Figure 5:</b> La proportion de la consommation mondiale de biscuits .....	18
<b>Figure 6:</b> La consommation mondiale des biscuits chez les enfants et les adolescents .....	18
<b>Figure 7:</b> Composition nutritionnelle pour 100g de biscuits secs .....	26
<b>Figure 8:</b> Coupe longitudinale d'une dattes .....	33
<b>Figure 9:</b> Les produits à base de dattes disponibles sur le marché algérien .....	48
<b>Figure 10:</b> La production mondiale de dattes en 2015 .....	50
<b>Figure 11:</b> La production des dattes en Algérie entre 2008 et 2020 .....	51
<b>Figure 12:</b> Farine de dattes de la variété Degla-Baidha .....	54
<b>Figure 13:</b> Sac de farine de blé complet de la marque MAMA de type T150 .....	54
<b>Figure 14:</b> Diagramme de fabrication des biscuits .....	66
<b>Figure 15:</b> Diagramme de Pareto pour l'acceptabilité totale .....	76
<b>Figure 16:</b> Courbe de variations des valeurs prédites en fonction des valeurs expérimentales de la réponse .....	78
<b>Figure 17:</b> Surface de réponse de l'effet du rapport farine blé complet/farine de dattes et de matière grasse sur l'acceptabilité sensorielle totale .....	81
<b>Figure 18:</b> Tracé du contour de l'effet du rapport farine blé complet/farine de dattes et de matière grasse sur l'acceptabilité sensorielle totale .....	82
<b>Figure 19:</b> Surface de réponse de l'effet du rapport farine blé complet/farine de dattes et du sucre . ....	82
<b>Figure 20:</b> Tracé du contour de l'effet du rapport farine blé complet/farine de dattes et du sucre sur l'acceptabilité sensorielle totale . ....	83
<b>Figure 21:</b> Surface de réponse de l'effet de la matière grasse et du sucre sur l'acceptabilité sensorielle totale .....	84
<b>Figure 22:</b> Tracé du contour de l'effet de la matière grasse et du sucre sur l'acceptabilité sensorielle totale .....	84
<b>Figure 23:</b> Profil des valeurs prédites par la désirabilité .....	85

## Liste des abréviations

---

### Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Types des farines .....	10
<b>Tableau 2:</b> La consommation des différentes marques de biscuits en Algérie .....	19
<b>Tableau 3:</b> Valeur nutritionnelle moyenne de quelques biscuits .....	25
<b>Tableau 4:</b> Enrichissement des biscuits en fibres .....	27
<b>Tableau 5:</b> Les facteurs qui affectent le plus la qualité des produits finis .....	30
<b>Tableau 6:</b> Stades de maturation des dattes .....	34
<b>Tableau 7:</b> Principales variétés de dattes algériennes .....	37
<b>Tableau 8:</b> La teneur en eau de quelques variétés de dattes algériennes .....	38
<b>Tableau 9:</b> La teneur (%) en sucres de quelques variétés des dattes algériennes .....	39
<b>Tableau 10:</b> Composition moyenne en acides aminés de la datte sèche .....	40
<b>Tableau 11:</b> Teneur en sels minéraux pour 100g des dattes dénoyautées .....	42
<b>Tableau 12:</b> Composition vitaminique des dattes .....	43
<b>Tableau 13:</b> Composition biochimique des noyaux de dattes .....	44
<b>Tableau 14:</b> Processus institutionnel de valorisation en Algérie; Dates et les textes clés .....	49
<b>Tableau 15:</b> Les différentes étapes de transformation des dattes en farine.....	53
<b>Tableau 16:</b> Niveaux des trois variables indépendantes utilisées pour la formulation des différents biscuits. ....	63
<b>Tableau 17:</b> Essais de formulation des biscuits selon le plan expérimental de Box-Behnken. ....	64
<b>Tableau 18:</b> Proportions des différents ingrédients utilisés dans la préparation du biscuit témoin.....	65
<b>Tableau 19:</b> Caractéristiques physiques de la farine de dattes.....	70
<b>Tableau 20:</b> Les résultats des analyses physico-chimiques de la farine de dattes. ....	71
<b>Tableau 21:</b> Les conditions expérimentales et la réponse obtenue par la MSR.....	75
<b>Tableau 22:</b> Analyse de la variation (ANOVA) pour les surfaces de réponses quadratiques modèles pour l'acceptabilité sensorielle totale, lors de l'évaluation de qualité des biscuits formulés à partir de différents ingrédients. ....	77
<b>Tableau 23:</b> Résultats de coefficient de détermination et de coefficient de détermination ajusté de la réponse .....	78
<b>Tableau 24:</b> Analyse de la variance et des facteurs statistiques du modèle d'acceptabilité totale. ....	79
<b>Tableau 25:</b> Résultats de la teneur en eau de la pâte non cuite et du produit fini.....	86
<b>Tableau 26:</b> Résultats des paramètres physico-chimiques des biscuits formulés. ....	87
<b>Tableau 27:</b> Apport énergétique de 100g de biscuit fonctionnel formulé. ....	88



## Liste des abréviations

---

### Liste des abréviations

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**COI** : Conseil journalier recommandé.

**D** : Diamètre.

**E** : Epaisseur.

**FAO** : Organisation des nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

**FBC** : Farine de Blé Complet.

**FD** : Farine de Dattes.

**Kcal**: Kilocalorie.

**L** : Linéaire.

**MG** : Matière Grasse.

**MSR** : Méthodologie des Surfaces de Réponse.

**PP** : Perte de poids.

**pH** : Potentiel Hydrogène.

**Q** : Quadratique.

**R<sup>2</sup>** : Coefficient de détermination.

**SSE** : la somme des carrés des erreurs.

## Liste des annexes

---

### Liste des annexes

**Annexe N°1:** Diagramme de transformation de datte en farine.

**Annexe N°2:** Fiche de dégustation sensorielle des biscuits et figures représentant le plateau des échantillons remis aux dégustateurs.

**Annexe N°3 :** Histogrammes relatifs à l'analyse sensorielle des biscuits formulés.

**Annexe N°4 :** Figures des analyses physiques du biscuit.

# *Introduction*

### Introduction

Les biscuits sont des produits alimentaires prêts à consommer, pratiques et peu coûteux. Ce sont des produits céréaliers très populaires à travers le monde en raison de leur faible coût, de leur bonne qualité nutritionnelle, de leur disponibilité en différentes variétés et de leur plus longue durée de conservation (**Sudha et al., 2007 ; Okpala et Okolo, 2013 ; Vujic et al., 2014 ; Dayakar et Bhargavi, 2017**).

Néanmoins, plusieurs études ont indiqué que les paramètres nutritionnels, physiques et sensoriels caractéristiques des biscuits dépendent à la fois des propriétés physico-chimiques de la farine et des méthodes de transformation employées pour la préparation de cette matière première (**Asifulalam et al., 2014**). Habituellement la production de biscuit a placé la farine de blé comme un ingrédient majeur, mais l'addition d'une autre farine de haute valeur dans une certaine mesure peut être faite pour ajouter de la valeur nutritionnelle au produit sans nuire aux propriétés du goût du biscuit. En effet, les biscuits manquent des composants nutritionnels essentiels tels que les fibres alimentaires, les vitamines et les minéraux perdus lors du raffinage de la farine de blé. Ainsi, les biscuits qui représentent une utilisation finale majeure du blé convient pour améliorer la santé après incorporation de sources de fibres et de nutriments essentiels (**Asifulalam et al., 2014**).

De nombreuses études ont signalé la substitution totale ou partielle de la farine de blé dans les préparations de biscuits. **Vitali et al., (1994)** ont montré que l'utilisation de farine composite améliore la valeur nutritionnelle des produits de boulangerie. En effet, il existe de nombreuses farines composites telles que la farine de riz, la farine d'orge, la farine d'avoine, la poudre de datte, la poudre d'écorce de citrouille, etc.

D'un autre côté, l'attention des consommateurs soucieux pour leur santé et de leur bien-être, les a conduits à privilégier les produits allégés en sucres et en graisses. L'utilisation de sucres d'origine naturelle (sucre de dattes, Stévia, miel, ...etc) dans l'industrie biscuitière est en perpétuelle augmentation. De plus, un grand nombre de chercheurs a montré que les biscuits fabriqués à base d'huiles végétales avaient des propriétés et une acceptabilité similaire aux biscuits fabriqués à partir des matières grasses animales.

La datte a toujours été depuis les temps immémoriaux un élément important de l'alimentation tant pour les humains que pour les animaux. Actuellement, la transformation de la datte est lancée à l'échelle industrielle et les pays développés ont adapté des lignes modernes

pour son traitement et sa transformation, ce qui permet d'obtenir une large gamme d'assortiments. Ainsi, les opportunités de transformation de ces dattes offrent une gamme variée de produits telle que les farines élaborées à partir de variétés de dattes sèches nommées « Degla-Baidha » et « Mech-Degla » (**Khelifa, 2012**).

Plusieurs chercheurs ont utilisé la Méthodologie des Surfaces de réponses (MSR) pour optimiser la formulation de biscuits à base de farines composites (**Jyotika Dhankhar, 2018 ; Naik et al., 2020 ; Eliane Flore Eyenga et al., 2021**). La MSR est une méthode statistique utilisée dans le développement, l'optimisation et la fabrication des produits alimentaires. Elle est également employée pour déterminer les effets de multiples variables dans un mélange sur les attributs qualité des produits finis, tout en minimisant le nombre d'expériences à réaliser.

Ce travail a été conduit pour optimiser la formulation de biscuits fonctionnels élaborés par la substitution totale de la farine blanche par la farine de blé complet et de la matière grasse animale par l'huile végétale ainsi que par le remplacement partiel du saccharose par la poudre de dattes de la variété « Degla-Baidha », et pour offrir au consommateur un produit d'excellente qualité. Nous sommes également intéressés à l'étude de l'influence du rapport farine de blé complet et farine de dattes, de la teneur en sucre et de la teneur en matière grasse végétale sur la qualité sensorielle des biscuits formulés, par l'utilisation de la Méthodologie des Surfaces de Réponses (MSR).

Le présent travail est organisé en deux parties :

✓ La première partie (partie théorique) est composée de trois chapitres qui seront consacrés à la présentation de quelques éléments bibliographiques sur les biscuits et leur qualité ainsi que sur la valorisation de la datte algérienne.

✓ La seconde partie (partie expérimentale) sera consacrée à la présentation du matériel et méthodes utilisés au cours de notre étude ; ainsi elle collectera tous les résultats obtenus au cours de notre travail suivi de leurs interprétations.

**PARTIE I : ETUDE  
BIBLIOGRAPHIQUE**



# Chapitre

---

# 1

**GÉNÉRALITÉS SUR LES BISCUITS**

## Chapitre 1 : Généralités sur les biscuits

### 1.1. Historique d'apparition du biscuit

L'origine du biscuit remonte à plusieurs milliers d'années, lorsque la bouillie de céréales se transforme en galette devenant ainsi le premier aliment « condensé » susceptible d'être conservé (Zhou, 2014). Ce sont en fait des marins du Moyen-âge qui ont créé le terme, ce qu'il s'affirme pour se nourrir durant leurs longues traversées, comme le rappelle l'expression passée depuis dans le vocabulaire courant « Ne pas s'embarquer sans biscuits ». Par la suite, le développement de la biscuiterie coïncide avec l'essor du commerce maritime entre l'Europe, l'Afrique, l'Amérique et l'Asie. La consommation des biscuits est devenue de nos jours très populaires à travers le monde (Okpapala et Okolo, 2013). Leur popularité est principalement due à leur goût sucré, nature prête à manger, coût abordable, valeur nutritive et longue durée de conservation (Sudha et al., 2007 ; Vujic et al., 2014).

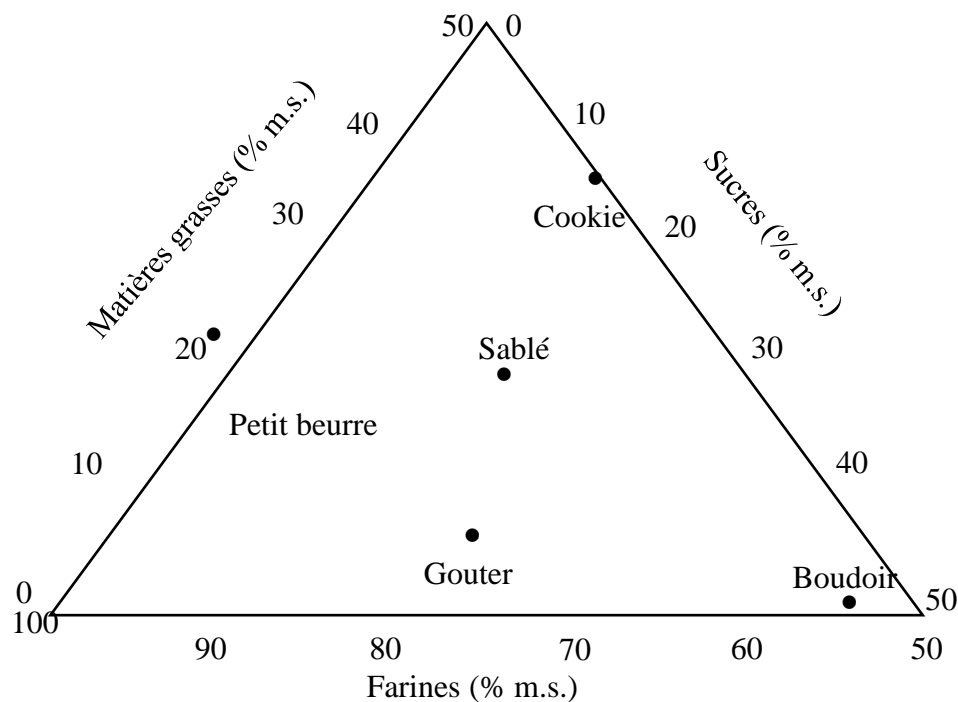
### 1.2. Description du terme « biscuit »

C'est aux français que revient la désignation du terme « Biscuit ». Signifiant : Bi-Cuire, c'est-à-dire cuire deux fois (Broutain, 2001). Le mot biscuit est dérivé du Latin « panis biscotus » qui signifie le « pain cuit deux fois ». C'est parce que le processus original consistait à cuire les biscuits dans un four chaud puis à sécher dans un autre à température plus basse. D'abord pour définir la structure, puis pour réduire la teneur en humidité (Serrem, 2010 ; Zhou, 2014).

Le biscuit est un produit sec obtenu à partir d'une cuisson d'une pâte constituée d'un mélange de farine composés (Blé et autres céréales et/ou légumineuse locales), de matière sucrante, de matière grasse et de tous autres produits alimentaires, parfums et autres condiments. Selon Broutain, (2001), après la cuisson, le biscuit doit conserver ses qualités organoleptiques et commerciales durant une période supérieure à un mois, et pouvant dépasser une année (biscuiterie sèche) ou un temps limité en fonction d'un débit régulier assez rapide (Pâtisserie industrielle) (Kiger in Gorga, 2014). Les ingrédients sont mélangés et la pâte est découpée en morceaux de la taille souhaitée puis cuite pendant quelques minutes (Ansari et Kumar, 2012).

### 1.3. Classification des biscuits

Dans la fabrication des biscuits, les principaux ingrédients sont, la farine, le sucre, la matière grasse et l'eau. Cependant, il faut noter que l'effet de la matière grasse sur la pâte et la qualité du biscuit n'est pas seulement fonction de sa composition mais aussi de celle de la farine et ses lipides natives (**Fustier, 2006**). Une variété de forme et de texture peut être produite en changeant les proportions de la farine, de sucre et de la matière grasse (**Figure 1**) (**Maache-rezzoug et al., 1998a**).



**Figure 1:** Différents types de biscuits en fonction de la teneur en farines, en matières grasses et en sucres (**Fustier, 2006**).

Les biscuits peuvent être classés suivant la recette. On distingue : les biscuits secs et goûters (biscuits secs pur beurre ou non, goûters secs et fourrés), biscuits aux œufs (boudoirs, cuillers...) et gaufrettes, les biscuits pâtisseries, chocolatés et assortiments (biscuits confiturés, fourrés, feuilletés et autres, cookies, biscuits chocolatés) et les Pâtisseries (**Pni'1s, 2007**).

Cependant, les biscuits peuvent être différenciés selon : La consistance de la pâte avant cuisson et leur richesse en sucres et en lipides.

➤ **La consistance de la pâte avant cuisson**

- Pâtes dures ou semi dures : elle contient un faible pourcentage en matière grasse et en sucre, c'est une fabrication sans œufs qui représente environ 60% de la consommation de biscuits, Exemple : sablés et petit beurre.

- Pâtes molles : il s'agit de biscuits secs tels que boudoirs, langue de chat et génoises, madeleines, cakes et macarons. La particularité de ces biscuits et leurs richesses en œufs et en matières grasses. Elles représentent environ 26.5% de la consommation.

- Pâtes liquides : ces biscuits ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matières grasses, ce sont les pâtes à gaufrettes.

➤ **La richesse**

De point de vue nutritionnel les biscuits sont classés en trois catégories :

- Les biscuits riches en glucides complexes comme les biscuits secs. Leur valeur énergétique est d'environ 400 cal/100g ;

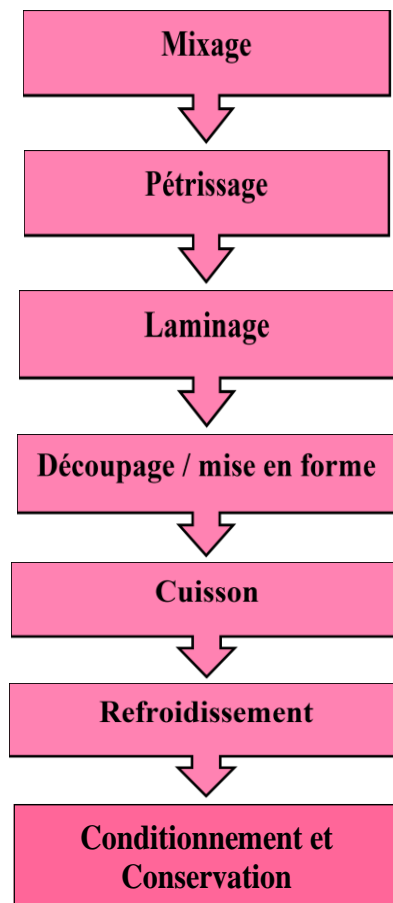
- Les biscuits riches en glucides simples, tels que les biscuits confiturés, les biscuits roulés. Leur valeur énergétique est d'environ 430 cal/100g ;

- Les biscuits riches en lipides comme les biscuits pâtisseries tels les biscuits chocolatés et les sablés. Leur valeur énergétique est d'environ 500 cal/100g (**Fredot, 2005**).

#### **1.4. Etapes de fabrication des biscuits**

Dans la fabrication des biscuits, les principaux ingrédients de la pâte à biscuits sont la farine, l'eau, la matière grasse et le sucre.

La fabrication industrielle des biscuits comporte une série d'opérations, qui sont décrites ci-après (**Figure 2**).



**Figure 2:** Organigramme des étapes de fabrication des biscuits (Denis, 2011 ; Yadav et al., 2012).

#### 1.4.1. Mixage ou préparation de la pâte

Le mixage est la première étape dans le processus de préparation des biscuits. Pour préparer la pâte, l'opératrice, au niveau de la salle de pesée, pèse les ingrédients nécessaires. Cette opération permet de mélanger le sucre, la matière grasse, les œufs et autres ingrédients afin qu'ils forment une masse cohérente et pour chaque recette un dosage et un pesage rigoureux (matières premières).

#### 1.4.2. Pétrissage

Le pétrissage est une étape clef dans le devenir de la pâte finale en impactant notamment sa rhéologie. Il a été effectué dans un pétrin, menu d'un bol de pétrissage selon un mode opératoire bien défini (ordre d'ajout des ingrédients, la température, et le temps de pétrissage). Lors de la fabrication d'une pâte à biscuit, les auteurs ont fait varier le temps de pétrissage de 90 à 300 secondes. Quelle que soit la force de la farine utilisée pour la pâte il est apparu que le pétrissage :

- Augmentait : l'élasticité, la cohésion, l'adhésion et le collant de la pâte. Ainsi, la densité et la couleur des biscuits.
- Diminuait : le temps d'extrusion, la propriété à l'extension, la consistance et la dureté de la pâte. Ainsi, le diamètre et la force de rupture des biscuits.

### 1.4.3. Façonnage et découpage (moulage)

Le laminage est la première opération de mise en forme de la pâte pétrie. Il consiste à façonner la pâte (formation d'un ruban d'épaisseur déterminée) en la faisant passer entre un train de laminoirs (**Fellueit, 2000**).

Le découpage est l'étape qui suit le laminage. A l'échelle industrielle, des coupeurs et mouleurs rotatoires gravent et coupent la pâte biscuitière préalablement laminée. Il est évidemment souhaitable que tous les morceaux de pâte aient des poids et dimensions identiques (**Manley, 1998a**).

### 1.4.4. Cuisson

La cuisson des aliments est pour fonction de les transformer en produits appétissants et nutritifs (**Bimbenet et al., 2002**). Elle est une étape complexe au cours de laquelle a lieu une série de transformations physiques, chimiques et biochimiques (**Lassoued-Oualdi, 2005 ; Ndangui, 2015**).

La cuisson est conduite dans des fours tunnels de plusieurs dizaines de mètres ; constitués de plusieurs sections qui se différencient par leur température et leur humidité (**Fellueit, 2000**).

### 1.4.5. Refroidissement

A la sortie du four, les biscuits ont une température de 320 à 350°C, ils sont plus ou moins mous. Les biscuits doivent être refroidis soigneusement par des ventilateurs afin qu'ils puissent conserver toutes leurs caractéristiques.

Après la cuisson au four, la plupart des biscuits sont envoyés directement pour être emballés. Ils sont habituellement refroidis avant l'emballage. Le refroidissement est nécessaire pour les biscuits riches en sucre car ces derniers sont très doux et plastifiants à la sortie de four et se rigidifient quand ils refroidissent. Il y a également une petite perte d'humidité des biscuits qui est bénéfique pour leur qualité et leur durée de conservation (**Manley, 1998b**).



### 1.4.6. Conditionnement et emballage

La conservation des biscuits doit avoir lieu à l'abri de l'humidité. En raison de leurs composants sensibles aux réactions d'oxydation et à la lumière ; son conditionnement doit donc être adéquat (**Fredot, 2005**).

Enfin, les produits finis de chaque section sont conditionnés dans des paquets, puis emballés par OPP (le polypropylène), après la mise manuellement dans des cartons qui sont palettisés et envoyés au lieu du stockage (magasin du produit fini) pour la commercialisation.

## 1.5. Rôle des ingrédients de biscuit

Les trois ingrédients de base pour la fabrication des biscuits sont : la farine, la matière grasse et le sucre (**Gallagher, 2008**). Ils sont mélangés avec d'autres ingrédients mineurs (tels que la levure chimique et le lait, les œufs). Une variété de forme et de textures peut être produite en changeant les proportions de ces ingrédients (**Maache-Rezzoug et al., 1998 ; Chevallier et al., 1999 ; Fellueit, 2000**), en effet leurs quantités et qualités dans la pâte déterminent la qualité de biscuit (**Mamat et Hill, 2018**).

Plusieurs auteurs ont essayé de décrire l'effet des ingrédients de la pâte et l'équilibre de sa formule sur la structure finale des biscuits (**Saadoudi, 2019**).

### 1.5.1. Rôle des principaux ingrédients

#### 1.5.1.1. La farine

##### 1.5.1.1.1. Définition

La farine de blé tendre ou froment est le produit obtenu à partir des grains de blé tendre (*Triticum aestivum*). La dénomination de farine, sans autre qualificatif, désigne exclusivement le produit de la mouture de l'amande du grain de froment nettoyé et industriellement pur.

Si on prend l'exemple de la France sur les 35,5 millions de tonnes de blé tendre produites en 2012, 5 millions ont été transformées en farine. La majeure partie de cette farine va être utilisée pour la panification. 1,2 million de tonnes de farine est utilisé par la biscuiterie et la biscotterie.

### 1.5.1.1.2. La meunerie

Pour obtenir la farine souhaitée, chaque meunier met au point un diagramme de mouture, c'est-à-dire « un programme de réglage des machines » qui permet la fabrication de la farine en fonction des caractéristiques du blé reçu et de la farine souhaitée.

#### ➤ Les étapes de meunerie

Dès son arrivée au moulin, le blé est stocké dans de grands silos puis transporté par des élévateurs ou des bandes transporteuses jusqu'à des réservoirs. Ensuite, il est déversé dans les nettoyeurs séparateurs lesquels éliminent les impuretés - terre, pierres, pailles, grains vides, poussières, autres graines... Après le nettoyage, la transformation du grain de blé s'opère en trois étapes : le broyage, le claquage, le convertissage. Chacune de ces étapes représente plusieurs passages de blé dans les machines. Le produit de chaque passage successif est tamisé selon sa taille. Chaque opération complémentaire permet d'extraire un peu plus de farine. Environ quatorze opérations sont nécessaires pour obtenir la farine qu'attend le boulanger. Pour obtenir ce résultat, un diagramme de mouture est défini par le meunier permettant de régler les machines en fonction des variétés de blé reçues et la qualité de farine souhaitée.

La mouture aboutit à la séparation du grain de blé en deux composants : les enveloppes d'un côté et l'amande (amidon) de l'autre. Pour parvenir à ce résultat, le blé suit le labyrinthe du diagramme de mouture complètement automatisé. À la fin des opérations, la farine contient encore un faible pourcentage de matières minérales issues de l'enveloppe et de débris du germe qui déterminent le taux de cendres réglementaire.

### 1.5.1.1.3. Les types des farines

Il existe 6 types de farine selon le **Tableau 1**, définis par leur taux de cendre. Ce sont les matières minérales principalement contenues dans les sons, autrement dit les « débris », ou impuretés, des grains de blé.

Le type de farine est défini par un chiffre : plus il est bas, plus la farine est blanche.

**Tableau 1:** Types des farines (Guinet, 2006).

Type de farine	Caractéristiques	Taux d'extraction	Utilisation
45	Moins de 0,50 % de cendres. La farine est pure. Cette farine, la plus blanche, est faite avec l'amande du grain de blé.	70%	Pâtisserie, viennoiserie, pour lier des sauces, faire de la pâte à crêpes...
55	De 0,50 à 0,60 % de cendres.	75 %	Pain, Pâtisserie, pâte à tarte, pizza
65	De 0.62 à 0.75 % de cendres.	80 %	Pain
80	De 0.75 à 0.90 % de cendres.	82 %	Pain spécial
110	De 1 à 1.20 % de cendres.	85 %	Pain complet
150	Plus de 1.40 % de cendres.	90 %	Pain au son

La farine blanche et la farine complète sont les principaux types de farine de blé.

D'après **Lockwood, (1950)**, les farines spéciales sont :

➤ **Farine complète**

La véritable farine complète contient la totalité du grain de blé mais elle fournit un pain grossier et indigeste. La farine complète est généralement extraite vers 95 % après élimination de 5 % du son grossier. Elle donne un pain de faible volume, parce que les grosses particules de son empêchent une bonne rétention des gaz au cours de la panification.

➤ **Farine entière**

Une farine complète dont on a éliminé une certaine proportion de son devrait être appelé plus exactement farine entière mais leur couleur sont très différentes et leurs taux d'extraction varie (de 85 à 95 %).

➤ **Farine de biscuiterie**

Les farines de biscuiterie sont d'ordinaire fabrique à partir de blé très tendre et peut glutineux, les variétés qui convient le mieux sont les blés anglais, les farines doit être très fines, elles doivent contenir peu de gluten et être très extensible. L'humidité doit être assez importante pour la plupart des types de biscuites.

#### 1.5.1.1.4. Rôle de farine

La farine est responsable de la structure finale du produit. Son utilisation très répandue est liée à la capacité de la pâte à retenir le gaz permettant ainsi son expansion lors de la cuisson (**Gan et al., 1995**). Les caractéristiques physiques et chimiques des farines affectent leurs fonctionnalités (**Mamat et Hill, 2018**).

La valeur biscuitière d'une farine se juge d'après son aptitude à donner une pâte machinale, qui résiste à un certain degré de brisure et pouvoir s'étendre en couche minces sans se casser ou craqueler à la surface, en donnant un produit fini de qualité. Certains facteurs intrinsèques à la farine comme les protéines ont une influence quantitativement et qualitativement importante sur la qualité technologique est essentiellement fonction de la nature du produit fini (**Benkadri, 2010**).

Pour une farine biscuitière, la teneur en protéines doit être comprise entre 7.5 et 10%. Elle doit rester inférieure à 11%, car dans une farine trop forte, l'élasticité élevée de la pâte provoque son rétrécissement dans la machine et au four, avec l'inconvénient de donner des petits et épais (**Menard et al., 1992 ; Colas, 1998 ; Fellueit, 2000**).

#### 1.5.1.2. L'eau

L'eau c'est parmi les ingrédients important pour la formation de pâte. Elle a un rôle complexe, en déterminant l'état de conformation des biopolymères. La pâte contient typiquement 0,6 à 0,8 gramme d'eau par gramme de farine sèche.

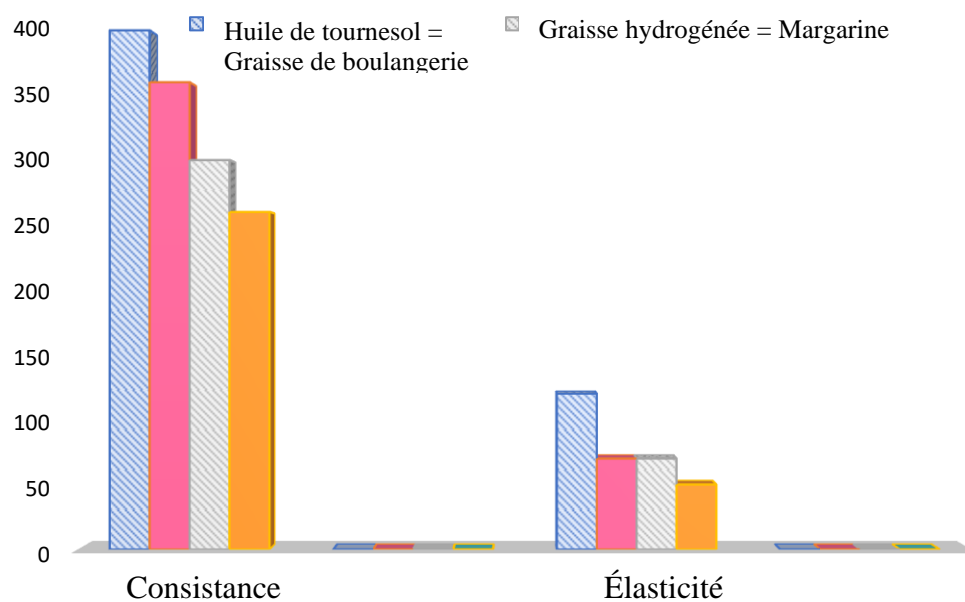
- L'eau hydrate la farine, fournit la mobilité nécessaire aux constituants de la farine pour la réalisation des réactions chimiques (**Ndanguï, 2015**).
- L'eau assure la dissolution des composés solubles.
- L'eau détermine en grande partie les propriétés rhéologiques de la pâte (cohésion, consistance, viscoélasticité...).
- L'eau influe, enfin, la rétention gazeuse : une pâte à teneur en eau totale inférieure à 35% n'est pas capable de retenir les bulles gazeuses introduites en cours de pétrissage (**Lassoued-Oualdi, 2005 ; Ndanguï, 2015**).

### 1.5.1.3. La matière grasse

La matière grasse est un ingrédient le plus important utilisé dans la fabrication des biscuits, elle est d'habitude de nature semi-solide à température ambiante pour qu'elle se mélange bien et sans problème avec les autres ingrédients (**Maache-Rezzoug et al., 1998a**). Les matières grasses utilisées sont généralement d'origine végétale. Du point de vue qualité sensorielle, la matière grasse fait partie des ingrédients principaux qui ont une influence sur la texture de biscuit.

- **La matière grasse et la rhéologie de la pâte**

Le type et le niveau de la matière grasse dans la formulation des biscuits a un impact robuste sur les propriétés viscoélastiques de la pâte. Le niveau de la matière grasse ajoutée dans la formulation de la pâte à biscuits influe puissamment sur l'usinabilité de la pâte tout au long du processus de préparation et aussi sur la qualité du produit final. L'ajout de corps gras entraîne une baisse du développement de gluten, ce qui produit une pâte moins élastique. La matière grasse supplémentaire retarde l'apparition d'un écoulement visqueux, tout en diminuant en même temps les propriétés élastiques du gluten. L'augmentation du niveau de corps gras diminue le temps de développement de la pâte. Le taux de la matière grasse plus élevé a un effet ramollissant et diminue la consistance de la pâte (**Figure 3**) (**Lassoued-Oualdi, 2005 ; Devi et Khatkar, 2016**).



**Figure 3:** Effet de type du la matière grasse sur les caractéristiques farinographiliques de la pâte de biscuit (**Devi et Khatkar, 2016**).

- **La matière grasse et la qualité des biscuits**

Les matières grasses sont des ingrédients principaux responsables de la sensation en bouche, pouvoir lubrifiant, saveur, apparence générale et la durée de conservation de produit. De plus, elles sont responsables de la couleur de biscuit et de goût qui sont des paramètres de qualités très importants (Ndangui, 2015 ; Devi et Khatkar, 2016).

- **La matière grasse et le transfert de chaleur**

De toutes les matières premières mises en œuvre, la matière grasse est celle qui a le coefficient de conductibilité thermique le plus élevé. En effet, lors de la cuisson des biscuits les matières grasses ont la propriété d'atteindre rapidement et sans altération des températures relativement élevées (230 à 280°C) par rapport à la température d'ébullition de l'eau. Il est donc facile de penser que la cuisson d'un article sera d'autant plus rapide et plus régulière que chaque particule solide de la pâte sera en contact intime avec la matière grasse (Menard et al., 1992).

#### **1.5.1.4. Le sucre**

Le saccharose est un disaccharide, c'est le sucre principal utilisé dans l'industrie biscuitière affect le goût, les dimensions, la couleur, la dureté et la surface du produit fini. L'effet du sucre sur le comportement de la pâte est un facteur important dans la fabrication des biscuits.

Le sucre influe les différents paramètres rhéologiques caractéristiques de la pâte à biscuit. Il inhibe le développement du gluten pendant le pétrissage de la pâte en concurrence avec la farine pour l'eau de la recette (Mamat et Hill, 2018).

- Le sucre joue un rôle important dans le développement de la couleur du biscuit pendant la cuisson. Sa caramélisation à une température supérieure à 149 C donne la couleur recherchée de la face extérieure du biscuit et permet d'atteindre différentes nuances.

- Les sucres jouent un rôle important au niveau de la conservation des produits alimentaires. Par ailleurs, par sa grande affinité pour l'eau, les sucres permettent la conservation des nombreux produits de boulangerie, en ralentissant la perte d'humidité.

- Le saccharose joue un rôle d'antioxydant dans les biscuits et contribue ainsi à prolonger sa durée de conservation en retardant la rancidité des graisses.
- Les sucres contribuent à l'étalement de la pâte des biscuits. La dissolution progressive des sucres pendant la cuisson diminue la viscosité de la pâte. En plus, les sucres jouent un rôle dans la dureté du biscuit final, de sa couleur et de son volume (**Mamat et Hill, 2018**).

#### 1.5.1.5. La levure chimique

La levure chimique est plus fréquente dans la préparation des produits de boulangeries. Une levure chimique à simple effet contient l'anhydride de phosphate monocalcique, elle a destinée à la biscuiterie.

Son rôle majeur est de transformer les sucres fermentescibles (glucose, fructose, saccharose et maltose) en dioxyde de carbone et en éthanol, induisant aussi la production de composés aromatiques (**Giannou et al., 2003**). L'action de la levure dépend largement des conditions environnantes (température, pH, teneur en eau...).

#### 1.5.2. Rôle des ingrédients facultatifs

##### 1.5.2.1. Le sel

Le sel alimentaire (**NaCl**) est un ingrédient qui peut rajouter dans la plupart des produits de boulangerie à raison de 2% du poids de la farine en moyenne. Il a des propriétés et plusieurs rôles dans la panification et la fabrication de biscuit :

- Agent Exhausteur de Goût ; il améliore la saveur du produit fini, parallèlement on considère qu'il diminue les arrière-goûts (**Roussel et Chiron, 2002**).
- Agent de Coloration ; il participe à la bonne coloration de la croûte et à son croustillant.
- Agent de Texture ; il améliore les propriétés plastiques de la pâte, augmente sa ténacité, donne du corps et de la tenue, participe à une hydratation supérieure de la pâte. Il améliore aussi la maniabilité de la pâte.
- Le sel a une tendance à limiter la disponibilité de l'eau et donc il améliore la conservation.

- Le sel solubilisé dans l'eau crée des liaisons ioniques avec les protéines de la farine en améliorant la capacité d'absorption d'eau.

#### **1.5.2.2. Le lait**

Le lait est utilisé généralement pour remplacer l'eau pour humidifier une pâte et lui apporter un peu plus de moelleux, il participe aussi à la coloration de la croûte par la réaction de Maillard grâce à sa forte teneur en lactose (Mezian, 2011).

#### **1.5.2.3. Les œufs**

Selon le type de biscuit, soit on utilise l'œuf entier ou seulement l'albumine. Les œufs peuvent assurer des fonctions d'aération et de coagulation lors de la préparation de biscuit. (Hui et al., 2006).

#### **1.5.2.4. Les arômes**

Généralement l'utilisation des ingrédients principaux dans la formule des biscuits remplit la fonction des aromatisants. Certaines épices comme la cannelle, sont également employées pour améliorer la saveur. Elles améliorent la qualité organoleptique des produits. Les aromatisants devraient être utilisés avec le plus grand soin car un léger surplus de quantité donne une très forte saveur qui devient désagréable et inacceptable au produit (Khatkar, 2017).

#### **1.5.2.5. Les améliorants**

Les améliorants sont utilisés dans les produits céréaliers afin de corriger les défauts de certaines farines, rendre plus constantes la qualité de celles-ci. Ils peuvent être d'origine naturelle ou de synthèse. Par exemple, un améliorant peut aider la pâte à lever (activation de la fermentation), assouplir la pâte, augmenter sa force, lui donner une meilleure couleur, ou lutter contre les problèmes bactériologiques.

#### **1.5.2.6. Les émulsifiants**

Certaines substances ne se mélangent pas, elles sont théoriquement non miscibles, par exemple, la matière grasse et l'eau. Ce sont des additifs alimentaires qui permettent de créer une émulsion stable, homogène et stable. Sont indispensables pour mixer et stabiliser des substances, notamment, les mélanges de matières grasses et l'eau.



Les agents émulsifiants les plus utilisés sont les lécithines et les monoglycérides ; Lécithines E322, diminue la porosité de la pâte ; Les monoglycérides E47, augmente la régularité et le volume.

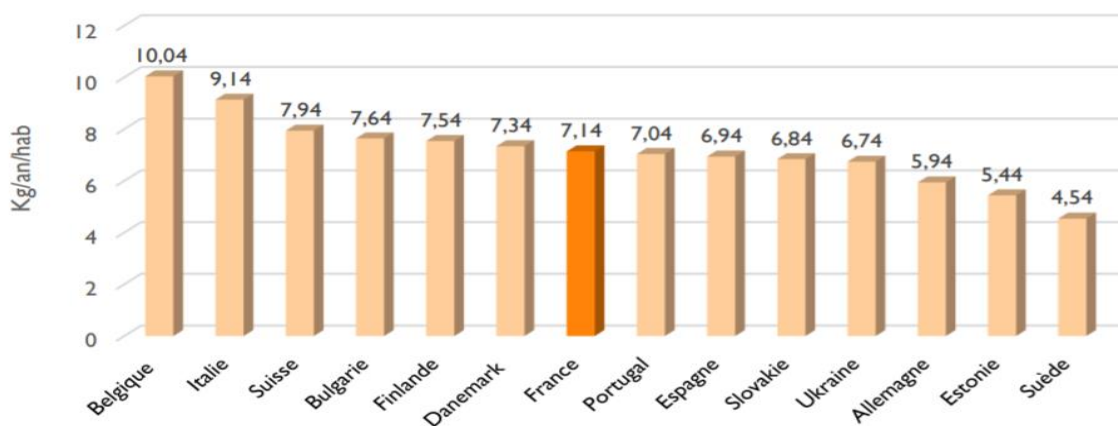
## 1.6. Production des biscuits

### 1.6.1. Dans le monde

Alors que la demande nutritionnelle augmente dans le monde, la production de biscuits augmente en conséquence. La demande de biscuits dans la catégorie des collations augmente chaque jour en raison de la vie active, et la production de nouvelles formulations dans le produit de base telles que des biscuits à faible teneur en MG, sans gluten, à faible teneur en glucides, biologiques et riches en fibres pour attirer les consommateurs. Les producteurs accordent de l'importance à ce marché qui connaît une croissance rapide dans le monde entier. Ce marché en croissance rapide, qui a atteint 76 milliards 385 millions de dollars à la fin de 2017, et 106 232,78 millions USD en 2020.

Le marché des biscuits a connu des impacts négatifs en raison de la pandémie de COVID-19. L'impact négatif sur le marché était dû à la perturbation des chaînes d'approvisionnement mondiales qui a conduit les entreprises à fermer leurs usines ou à travailler avec un personnel limité pour produire une faible production (**Mordor Intelligence, 2020**).

On estime que ce marché atteindra 110 milliards de dollars d'ici 2026. Il semble qu'il y aura une rivalité féroce.



Ratio production nationale + importations – exportations (douanes nationales) sur population (kg consommés/habitant) en 2014

**Figure 4:** Production de biscuits industriels sucrés en Europe en Kilogramme par an par habitant en 2014.

### 1.6.2. En Algérie

Le secteur de la biscuiterie est caractérisé par un grand nombre de petites entreprises mais quelques producteurs plus importants se détachent : Bimo, Lu, Société Générale des biscuits et Gefi, Iso\_9 international. Après avoir progressé lors de la précédente décennie, la filière biscuits stagne en Algérie devant l'explosion des importations. Face à la concurrence, la production locale a dû se replier essentiellement sur des produits bon marché. Les produits hauts de gamme sont importés et les produits algériens se situent en bas de gamme. Le problème est que les Tunisiens, Espagnols, Turcs, Italiens sont présents avec des produits hauts de gamme mais aussi avec des produits bon marché. Parallèlement, l'Algérie exporte très peu et seulement vers certains pays africains. Depuis peu, les productions de biscuits salés, snacks, extrudés (SNAX) se développent. Dans tous ces secteurs, l'Algérie demande des équipements, des intrants et du savoir-faire.

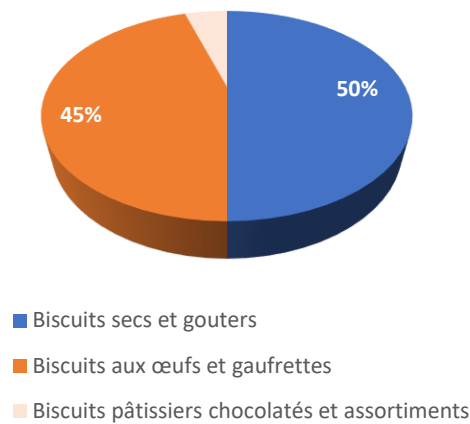
## 1.7. La consommation des biscuits

### 1.7.1. Consommation dans le monde

La consommation des biscuits est devenue de nos jours très populaires à travers le monde (**Okpapala et Okolo, 2013**). Leur popularité est principalement due à leur goût sucré, nature prête à manger, coût abordable, valeur nutritive et longue durée de conservation (**Sudha et al., 2007 ; Vujic et al., 2014**).

Les biscuits sont consommés par tous en Europe. Les plus gros consommateurs de biscuits se trouvent en Belgique avec 10,04 kg/an/hab. Les Français se situent dans la moyenne avec 7,14 kg/an/hab. La Belgique totalise plus du tiers des importations de biscuits en France.

Ce sont les biscuits secs et goûters qui sont les plus consommés dans le monde. Cependant, les biscuits pâtisseries chocolatés et assortiments les talonnent de peu (**Figure 5**).

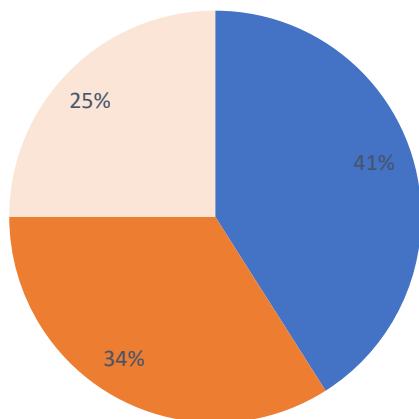


**Figure 5:** La proportion de la consommation mondiale de biscuits (Source : total des ventes France des entreprises - source L'Alliance 7, 2017).

En fonction de l'âge, la consommation de biscuits sucrés varie :

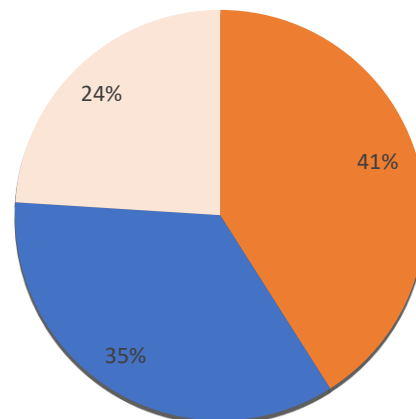
- Les enfants consomment pour **41%** d'entre eux les biscuits secs et goûters.
- Les adolescents consomment pour **41%** d'entre eux des gâteaux.

**Répartition de la consommation de biscuits et gâteaux chez les enfants.**



- Biscuits secs et gouters
- Gâteaux
- Biscuits pâtisseries, chocolatés, aux œufs et gaufrettes

**Répartition de la consommation de biscuits et gâteaux chez les adolescents.**



- Gâteaux
- Biscuits secs et gouters
- Autres biscuits

**Figure 6:** La consommation mondiale des biscuits chez les enfants et les adolescents (Source L'Alliance 7, 2017).

### 1.7.2. Consommation en Algérie

La consommation en Algérie et par personne ne dépassant guère les 1,8 kg par an, au moment où ce taux est multiplié par quatre en Europe occidentale et par deux en Tunisie.

L'Algérie est l'un des plus grands pays consommateurs de céréales au monde. On évalue la consommation humaine moyenne à plus de 200 kg de céréales par an et par habitant, forte consommation de biscuits (2 à 3kg / an/ hab).

Depuis plusieurs années, les alarmes santé soulignent les problèmes liés à la consommation de produits tels que les biscuits sucrés. Ces messages d'information répétés lors de nombreuses campagnes publicitaires n'ont pas eu pour autant l'effet de ralentir la consommation de biscuits mais a entraîné certaines modifications dans les habitudes des produits consommés.

Les consommateurs sont en perpétuelle recherche de nouveaux produits et services qui sauront satisfaire leurs besoins, le **Tableau 2** présente la consommation des différentes marques de biscuits en Algérie (**Isaure Saulnier, 2016 ; Claire Fonquernie, 2016**).

**Tableau 2:** La consommation des différentes marques de biscuits en Algérie (**Isaure Saulnier, 2016; Claire Fonquernie, 2016**).

Marque	Femme	Homme	Total général
<b>Bjorg</b>	35 100%	0 0%	35
<b>Bonne Maman</b>	46 92%	4 8%	50
<b>Marque de distributeur</b>	40 80%	10 20%	50
<b>Michel et Augustin</b>	40 80%	10 20%	50
<b>Milka</b>	42 84%	8 16%	50
<b>Prince</b>	45 92%	4 8%	49
<b>Total</b>	248	36	284

### 1.8. Filière des biscuits en Algérie

Le secteur industriel représente moins de 5% du PIB de l'Algérie, qui compte toutefois de nombreuses entreprises de l'agroalimentaire (biscuiteries, laiterie, eaux et boissons, huileries, minoteries, conditionnement de fruits et légumes, transformation de la viande). La part de l'industrie agroalimentaire représente probablement la moitié de la production industrielle totale. Aujourd'hui la filière des biscuits occupe une place prépondérante dans la consommation alimentaire des ménages algériens puisqu'il occupe la première place dans le budget alimentaire des ménages algériens (17.5% de la dépense alimentaire totale) avec une prépondérance de la semoule (38% des achats de produits céréaliers) directement suivis par le pain (30%), les produits industriels (couscous, pâtes, biscuits et pâtisserie, 21%) sont en hausse et la farine (11%) (ONS, 2011 ; Brahim *et al.*, 2017).

La filière biscuits est en repli en Algérie face à la montée des importations. En dix ans, les importations ont été multipliées par 60. La production algérienne ne résiste, faiblement, que par ses prix. En 2010, l'Algérie a importé pour plus de 20,5 millions de dollars de biscuits. En cinq ans, les importations de cette catégorie de produit ont été multipliée par 2,5. Des signes pour des producteurs algériens en profil bas. En dix ans, l'inversion de tendance est totale. En 2001, les montants des importations de biscuits étaient de 300.000 dollars. Durant cette même décennie, la liste des pays fournisseurs de ces produits a doublé, passant de 17 à 34 pour les biscuits. C'est la filière biscuits de la Tunisie qui fait beaucoup mieux sur le marché algérien. Elle représente, depuis 2007, plus de 48% des importations de ces produits. Les biscuits en provenance de Turquie arrivent seconde position, avec environ la moitié des importations de Tunisie. L'Espagne, la France et l'Italie complètent le classement des cinq premiers fournisseurs de biscuits en 2010. Ces cinq pays représentent des proportions sensiblement identiques depuis 2007. Les filières algériennes de biscuits s'exportent mal (Saadoudi, 2019).

Chapitre

---

2

***QUALITÉ DES BISCUITS***

## Chapitre 2 : Qualité des biscuits

### 2.1. Notions générales sur la qualité

#### 2.1.1. Définition de la qualité

Chacun peut comprendre intuitivement c'est quoi la qualité mais reste toutefois incapable d'en donner une définition précise. Selon **le dictionnaire Larousse, (1979)** qui nous donne deux définitions :

- La qualité est « la manière d'être bonne ou mauvaise d'une chose : un produit de bonne ou de mauvaise qualité ». Ici est affecté d'un adjectif mélioratif ou péjoratif, mais par contre la deuxième définition exclut toute négativité
  
- La qualité est « supériorité, excellence en quelque chose : un vin de qualité », **Juran, (1988)**, définit la qualité comme « l'aptitude [d'un produit] à l'usage » auquel l'utilisateur destine le produit. Il est ainsi possible de parler de qualité alimentaire c'est-à-dire « l'aptitude du produit à bien nourrir. » L'aliment doit en effet fournir à son consommateur, « dans des conditions de sécurité complète, les nutriments et l'énergie nécessaires à son métabolisme vital ».

L'AFNOR définit le concept de qualité totale comme une politique de mobilisation des énergies... De ce fait la qualité totale devient une stratégie de management de l'entreprise.

La qualité est aujourd'hui une valeur reconnue par l'entreprise, car elle est considérée comme étant l'axe essentiel de toutes les préoccupations de l'entreprise. Le mot qualité est abondamment utilisé dans le langage courant avec des significations différentes.

#### 2.1.2. Les éléments de la qualité

Le terme qualité pour les produits alimentaires regroupe différentes composantes, d'après **Multon, (1994)**, la qualité alimentaire peut se décliner en trois éléments : « la qualité hygiénique », « la qualité nutritionnelle » et « la qualité organoleptique ». Le secteur alimentaire agit donc sur ces trois dimensions essentielles de la qualité.

##### 2.1.2.1. La qualité hygiénique

Il s'agit de la « non-toxicité de l'aliment ». Celui-ci ne doit contenir aucun élément toxique à des doses jugées dangereuses pour le consommateur.

Les industries agroalimentaires ont mis en place différents outils pour assurer la mise sur le marché de produits présentant une qualité hygiénique optimale : contrôle des matières premières à réception, des encours de fabrication, des produits finis, audits des fournisseurs, HACCP, bonnes pratiques d'hygiène, systèmes de traçabilité de plus en plus performants, etc.

Le secteur alimentaire a développé de nombreuses normes dans le domaine de la qualité hygiénique, comme par exemple l'ISO 22000 portant sur le "Système de management de la sécurité des denrées alimentaires" que de normes plus techniques portant par exemple sur un mode opératoire pour une analyse de la qualité microbiologique.

### 2.1.2.2. La qualité nutritionnelle

C'est l'aptitude de l'aliment à bien nourrir d'un point de vue quantitatif (quantité d'énergie apportée) et/ou qualitatif (aliment équilibré nutritionnellement, aliment enrichi en un élément particulier pour répondre à un besoin précis ou au contraire dépourvu de certains composants dans un but préventif).

### 2.1.2.3. La qualité organoleptique

La qualité organoleptique inclut les propriétés typiques sensorielles d'un aliment ou se rapportant à des propriétés sensorielles d'un aliment particulier. Son goût, l'apparence et la couleur, l'arôme, la taille et la fermeté, et même les sons (par exemple, le « claquement » ou le « croquant »).

Il est difficile de satisfaire tout le monde, le goût étant un prérequis de l'achat des produits, les industries alimentaires accordent une part importante à l'innovation sur cet item.

## 2.2. La qualité de biscuit

La qualité du biscuit, se traduit par une maîtrise rigoureuse des caractéristiques physiques (dimensions, couleur, humidité), apparence de la surface et de la texture (densité, dureté, résistance aux bris) (Fustier, 2006). Cette qualité est gouvernée par la nature et la quantité des ingrédients utilisés (Maache-Rezzoug et al., 1998a).

Les critères généraux de la qualité d'un biscuit sont tels que le biscuit doit être sain, propre à la consommation humaine. Exempt d'odeurs et de goûts anormaux ainsi que d'insectes vivants. Il doit également être exempt de souillures (impuretés d'origine animale, y compris les insectes morts) en quantité susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine (Sankara, 2013).



### 2.3. Les critères d'évaluation de la qualité de biscuit

Dans les procédés industriels, dont font partie les industries de la biscuiterie, la productibilité des lignes dépend du respect des critères de qualité des produits fabriqués. Pour un biscuit, il s'agit de satisfaire à des contraintes dimensionnelles, de texture, de goût, de couleur et de valeur nutritionnelle (**Tharrault, 1997**).

#### 2.3.1. Caractéristiques physico-chimiques

Il est bien connu que la qualité des matières premières influe significativement sur la qualité du produit fini, donc l'analyse ou bien le contrôle physico-chimique est très important, il peut découvrir les différentes anomalies qui est présentes soit dans les matières premières ou dans le produit fini, ainsi il peut indiquer une évaluation quantitative comme la stabilité de produit durant leur conservation.

##### 2.3.1.1. Humidité finale

La teneur finale de l'eau est importante à évaluer lors de la conservation de biscuit, puisque sa qualité est affectée par sa teneur en humidité, ce qui implique des changements dans le produit, réduisant ainsi l'acceptabilité du produit par le consommateur (**Bourekoua, 2018**).

##### 2.3.1.2. Volume

Le volume de biscuit est un critère très important utilisé pour déterminer et évaluer sa qualité. Il est particulièrement important pour l'évaluation de la taille et la géométrie des particules de biscuit.

##### 2.3.1.3. Texture

La texture est une propriété importante de la qualité finale des biscuits qui influe fortement son acceptabilité par le consommateur.

Elle a des propriétés et des critères : la friabilité, une perception de la vitesse de fracturabilité de l'aliment pendant la mastication, une évaluation initiale de la dureté ; la libération de l'eau ...etc (**Fellows, 2000**). Pour cela, la texture est un critère de qualité considérable, ou la formation d'une miette tendre et flexible est désirée (**Lara et al., 2011**).

Le paramètre le plus important pour évaluer la qualité des biscuits c'est la dureté, qui présente la force maximale de la première compression (**Bourekoua, 2018**).

### 2.3.2. Caractéristiques nutritionnelles

La qualité nutritionnelle est gouvernée par la nature et la quantité des ingrédients utilisés (Maache-Rezzoug *et al.*, 1998a).

Les biscuits contiennent à la fois des sucres, des protéines et des lipides. Avec la farine comme ingrédient principal, les glucides sont le macronutriment le plus abondant dans un biscuit. Les lipides dans un biscuit varient selon la recette. Cependant, selon l'USDA, un biscuit standard contient 8,5 grammes de matières grasses totales. La plupart des matières grasses du biscuit proviennent de graisses saturées avec 5,3 grammes par portion.

La protéine contenue dans le biscuit peut ne pas fournir tous les acides aminés essentiels, c'est donc une source incomplète de protéines.

Les nombreuses réactions (réaction de Maillard, de caramélisation, l'oxydation des lipides) sont connues pour abaisser la qualité nutritionnelle globale des aliments, l'une des conséquences majeures en termes de perte de qualité des protéines. Un produit céréalier idéal doit avoir un index glycémique bas. Il doit être une source importante en protéines, en fibres, en vitamines, en sels minéraux et en antioxydants (Bourekoua, 2018).

### 2.3.3. Caractéristiques organoleptiques

Il est bien connu que les propriétés sensorielles des biscuits sont liées fortement aux ingrédients utilisés et les conditions de préparation, les biscuits doivent satisfaire les attentes des consommateurs (concernant la couleur, et le goût) (Tharrault, 1997).

#### 2.3.3.1. Couleur

La couleur est un facteur déterminant dans la définition de la qualité de n'importe quel aliment et elle est un trait que le consommateur remarque immédiatement comme elle influence l'impression sensorielle subjective (Lara *et al.*, 2011).

#### 2.3.3.2. Goût, arôme et flaveur

Les attributs du goût sont le salé, le sucré, l'amère et l'acidité. Les composants volatiles d'arôme sont produits sous l'effet de la chaleur, l'oxydation, l'activité non enzymatique sur les protéines, la matière grasse et les carbohydrates (ex. réaction de Maillard) (Fellows, 2000).

## 2.4. Composition et apport nutritionnel

Du fait de la grande variété des recettes, il existe une très grande variabilité de la composition nutritionnelle des biscuits.

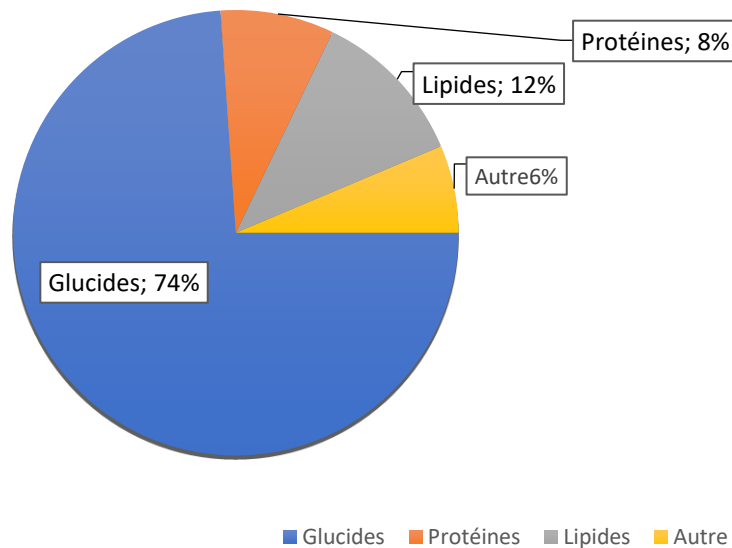
Le biscuit étant fabriqué principalement à partir de farine, il apporte des glucides, des fibres. Il fait partie des aliments les plus riches en vitamine B6, B1, B2, vitamine E, et des minéraux. La composition nutritionnelle d'un biscuit est fonction de la catégorie de biscuit, particulièrement de la recette (**Tableau 3**).

Les biscuits sont habituellement composés de farine, de sucre, de matières grasses, d'eau, de sel et de levure chimique. Cette diversité dans la composition des biscuits leur confère un pouvoir nutritionnel intéressant (**Ait Ameer, 2006**).

**Tableau 3:** Valeur nutritionnelle moyenne de quelques biscuits (**Fredot, 2005**).

Nutriments (g/100g)	Biscuit Barquette Pulpe de fruit	Biscuit Chocolaté	Biscuit Petit Beurre	Biscuit Sec	Biscuit à la Cuillère	Biscuit au Fromage	Biscuit sans Fromage
<b>Protéines</b>	5.2	6.9	8.2	9	9	11.8	8.4
<b>Glucides</b>	73	60.4	75	69.2	60	49.1	62.9
<b>Lipides</b>	7	24	10.9	12	4.4	28.1	19.6
<b>Fibres</b>	2	3.1	2.2	3.2	-	3.1	3.3

Bien que la composition nutritionnelle des biscuits n'ait pas été globalement mesurée, la composition nutritionnelle moyenne était de 457 kcal, 6,3 g de protéines, 64 g de glucides, 33 g de sucres, 20 g de lipides, 10 g de gras saturés, 3 g de fibres et 250 mg de sodium par 100 g de biscuit ou gâteau. Les biscuits secs faisaient partie des biscuits ayant les plus hautes teneurs en lipides. En ce qui a trait aux teneurs en sucres, elles variaient entre 15 et 60 g par 100 g de biscuits. Les teneurs en fibres variaient entre 0 et 11 g par 100 g de biscuits tandis que les teneurs en sodium variaient entre 0 et 700 mg. Plusieurs études réalisées en Inde et France ont révélé que la composition nutritionnelle des biscuits était assez variable d'un produit à l'autre.



**Figure 7:** Composition nutritionnelle pour 100g de biscuits secs (Ciquel, 2007).

### 2.5. La consommation des fibres dans les biscuits

Les besoins quotidiens en fibres sont compris entre 25 et 30 g par jour, mais l'alimentation moderne en apporte deux fois moins. Hélas, les biscuits ne peuvent pas contribuer à ces besoins, car les biscuits traditionnels ne peuvent pas être une bonne source de fibres. La plupart sont fabriqués à partir de farine blanche, dont la teneur en fibres est 4 à 5 fois moindre que celle de la farine complète. Mais il existe d'autres types de biscuits.

En fait, les biscuits fonctionnels sont des biscuits conçus pour aider à obtenir plus de fibres dans l'alimentation quotidienne.

#### 2.5.1. Les biscuits enrichis en fibres

Il est bien sûr essentiel de consommer des fibres. Mieux vaut donc choisir un biscuit riche en fibres plutôt qu'un autre riche en sucre. Les fibres qui sont dans le biscuit proviennent du son de blé, qui est l'enveloppe extérieure du grain de blé et d'autres ingrédients fonctionnels. Enrichir les biscuits en fibres alimentaires est un défi, et à ce jour ces biscuits ne sont pas largement acceptés par les consommateurs. Comme de nouvelles sources de fibres deviennent disponibles et le grand intérêt du consommateur par l'alimentation saine, la recherche d'utilisation des fibres comme ingrédients fonctionnelles dans les produits alimentaires devient plus vaste (Ktenioudaki et Gallagher, 2012).

Les biscuits enrichis en fibres amélioreraient le transit intestinal, préviendraient l'apparition du diabète et même du cancer du côlon.

Le **Tableau 4** récapitule certaines études menées récemment sur l'enrichissement des biscuits par les fibres alimentaires par différents ingrédients.

**Tableau 4:** Enrichissement des biscuits en fibres.

Les ingrédients	Objectifs
Son de blé, pomme, citron et enzyme de Xylanase (mélanges de 0 à 30%)	Etudier l'effet de l'ajout des fibres sur la qualité nutritionnelle de biscuit
Pomme de terre, amidon résistant, inuline et $\beta$ -glucane (mélanges de 0 à 10%)	Déterminer l'effet de l'ajout des fibres sur la rhéologie de pâte, la qualité nutritionnelle et sensorielle de biscuit
Avoine, orange et pois (mélanges de 0 à 10%)	Etudier l'impact d'ajout des fibres sur les caractéristiques de la pâte à biscuits
Châtaigne (20, 40 et 60%)	Préparer des biscuits riches en fibres
Betterave (0, 5, 7, 10, 15 et 20%)	Enrichir les biscuits en fibres, Évaluation nutritionnelle

## 2.6. Qualité rhéologique et technologique

Dans le but d'obtenir des pâtes biscuitières de bonne qualité, il est donc important de comprendre et de maîtriser toutes les étapes du procédé de fabrication à savoir la formulation, le pétrissage, le laminage et enfin la cuisson. Ainsi, de la machinabilité des pâtes biscuitières après pétrissage va dépendre la découpe en biscuits et le convoyage jusqu'au système de cuisson (**Assifaoui, 2005**).

Le pétrissage permet de mélanger intimement la farine et les autres ingrédients. Il peut être une source d'information sur les propriétés rhéologiques des pâtes. En effet, le mélange subit un traitement mécanique fournissant l'énergie qui permet l'établissement de nombreuses interactions entre les constituants de la pâte. Il en résulte des variations de consistance qui modifient l'aptitude technologique des pâtes. Ainsi, l'étude de l'effet du temps de pétrissage sur les propriétés rhéologiques de la pâte biscuitière et les caractéristiques physiques des biscuits a montré que l'augmentation du temps de pétrissage entraîne un ramollissement de la pâte, une augmentation de la longueur et la réduction du poids de biscuit. Ainsi, un pétrissage excessif

donne une pâte très molle. Cela est dû à une rupture dans les liaisons entre l'eau et les autres constituants, menant à une augmentation dans l'eau libre (**Maache-Rezzoug et coll, 1998**).

La pâte est le produit intermédiaire entre la farine et le biscuit et de ses qualités dépend la réussite industrielle finale. En effet, la rhéologie de la pâte est d'importance considérable dans la fabrication de biscuit. Ainsi, une pâte trop ferme ou trop molle, ne se traitera pas d'une manière satisfaisante sur l'équipement approprié de formation de la pâte et ne donnera pas un produit satisfaisant (**Manohar et RAO, 2002**).

Les objectifs des études rhéologiques portant sur les pâtes de farine sont de fournir une description quantitative complète de leur comportement, d'établir les relations entre paramètres rhéologiques, d'une part, structure et composition, d'autre part, et de relier ces paramètres aux performances en technologie (**Hibberd et Parker, 1975**).

### **2.6.1. Les caractéristiques technologiques**

#### **a. Extensibilité**

- Elle représente la possibilité d'étirement ou de gonflement d'une pâte.
- Un manque d'extensibilité se traduit par une pâte courte.
- Les gliadines facilitent la fluidité, l'extensibilité et l'expansion de la pâte et contribuent aussi à accroître le volume du pain, alors que les glutamines favorisent la ténacité et la rétention du gaz.

#### **b. Ténacité**

- La ténacité est en corrélation avec « souplesse » de la pâte.
- Une pâte qui relâche à une ténacité réduite.
- Cette ténacité est due à la quantité de gluten de la farine et à sa propriété élastique.
- La ténacité est aussi influencée par la teneur en eau de la pâte.

### **2.6.2. Les facteurs influençant à la qualité de biscuit**

La qualité des biscuits est influencée par plusieurs facteurs tels que la qualité et la quantité des ingrédients utilisés et les traitements effectués comme le pétrissage, la fermentation et la cuisson (**Sudha et al., 2007 ; Devi et Khatkar, 2016**).

### 2.6.2.1. La durée du stockage des biscuits

Les biscuits stockés sont souvent sujets à plusieurs types d'altérations qui entraînent la perte de la qualité nutritionnelle, organoleptique et technologique.

### 2.6.2.2. Les altérations microbiologiques

Elles se rapportent aux dommages sur les biscuits provoqués par les micro-organismes tels que les bactéries, les champignons et les levures. Les produits secs tels que les biscuits n'ont pas assez d'humidité pour la croissance bactérienne. L'altération de ces produits est habituellement provoquée par des levures et moisissures tels que les *Rhizopus*, *Aspergillus* et divers *Penicillium*.

### 2.6.2.3. Les altérations physicochimiques

Ce sont essentiellement les réactions de métabolismes des sucres, des protéines et des lipides qui sont des constituants des biscuits. Ces réactions entraînent l'épuisement des réserves nutritives. Les différentes réactions physico - chimiques mises en jeu dans le biscuit sont :

- La réaction de caramélisation.
- L'auto oxydation et la photo-oxydation des lipides et des vitamines.
- La réaction de Maillard.

## 2.6.3. Les bienfaits et les risques de consommation des biscuits

### 2.6.3.1. Les bienfaits

#### ▪ Une source d'énergie

Les scientifiques estiment que le fait de consommer plus de calories le matin donne l'énergie nécessaire à l'organisme pour bien fonctionner jusqu'au soir.

#### ▪ Pour limiter les grignotages

Des études ont prouvé qu'il vaut mieux manger une part de biscuit quand on en a envie plutôt que de se priver et de craquer sur une tablette entière de chocolat au caramel ou un paquet de bonbons. En choisissant de manière consciente de se faire plaisir de façon raisonnable, et en consommant cet aliment en pleine conscience, nous évitons de grignoter dans la journée. Sans compter le fait qu'un gâteau fait maison sera toujours plus sain qu'un produit du distributeur, gavés d'additifs et de conservateurs.

### ▪ Fournit des fibres (biscuits digestifs)

Les biscuits digestifs riches en fibres peuvent aider à prévenir la constipation, faciliter la digestion, à réduire le cholestérol et à maintenir le poids.

#### 2.6.3.2. Les risques

Les biscuits étant composés principalement de farine et de sucres, ils ne conviennent pas aux personnes : Ayant une **intolérance au gluten** ; Étant en **surpoids** ou **obèses** ; Risque **d'intoxication alimentaire** ; il s'agit de douleurs abdominales et de diarrhées.

Ainsi, il est préférable de limiter ou stoppez définitivement l'achat et la consommation de gâteaux et de biscuits industriels contenant de l'amidon.

### 2.7. Méthodologie des Surfaces de Réponses (MSR)

La Méthodologie des Surfaces de Réponses est un outil important dans l'optimisation de la formulation des produits alimentaires et l'amélioration de leur qualité. C'est une technique statistique qui permet à l'expérimentateur de déterminer la relation entre la réponse et les variables indépendantes. Au cours de l'optimisation des procédés industriels, plusieurs variables de réponse décrivant les caractéristiques de qualité doivent être optimisées. Certaines de ces variables doivent être maximisées et d'autres doivent être réduites au minimum (**Ravindra et al., 2000 ; Araujo et al., 2002 ; Riberio et al., 2002 ; Madamba et al., 2002**). Il existe un ensemble de recherches concernant l'optimisation de la formulation des biscuits qui utilisent la MSR avec différentes approches. **Tels que : Le Tableau 5** récapitule certaines études menées récemment sur l'optimisation de la formulation des biscuits par la MSR.

**Tableau 5:** Les facteurs qui affectent le plus la qualité des produits finis.

Références	Etudes expérimentales	Conclusions majeurs
<b>Jyotika Dhankhar, (2018)</b>	La formulation de biscuits à base de farines composites préparées par addition de farine de pois chiche et de poudre de datte à la farine de blé raffiné a été optimisée par la MSR. Les farines composites utilisées dans la fabrication de biscuits ont été obtenues par mélanger	Les farines ont été analysées pour leurs propriétés physico-chimiques ainsi que fonctionnelles. De toutes les farines étudiées, la farine de pois chiche avait la valeur la plus élevée pour la teneur en cendres, en matières grasses et en protéines, soit 3,30 %, 5,40 % et 21,88 % respectivement. Dattes en poudre contenait la teneur en fibres brutes la plus élevée (9,05 %) mais la teneur en protéines la plus faible (1,96 %). La farine de blé raffiné avait les



	<p>de la farine de blé raffinée, de la farine de pois chiche et de la poudre de datte dans différents rapports tels que 100 :0 :0 (T0), 80 :10 :10 (T1), 60 :20 :20 (T2), 40 :30 :30 (T3) et 20 :40 :40 (T4) respectivement.</p>	<p>valeurs les plus élevées pour la plupart des propriétés fonctionnelles comme la capacité d'absorption d'eau (158 %), la capacité d'absorption d'huile (139,60 %) et la densité apparente (0,95 g/ml). La capacité moussante et la LGC ont été observées comme étant les plus élevées pour le pois chiche et la poudre de datte respectivement. Aucune différence significative (<math>p &gt; 0,05</math>) n'a été observée dans le diamètre et l'épaisseur des différents échantillons de biscuits, cependant, le rapport d'étalement et le facteur d'étalement différaient significativement (<math>p &lt; 0,05</math>). Le taux d'étalement et le facteur d'étalement des biscuits ont augmenté avec l'incorporation de farine de pois chiche et de poudre de datte, la valeur étant le plus élevé pour le plus haut niveau de substitution. Le taux de sucre pourrait être réduit jusqu'à 60% en utilisant de la poudre de datte comme agent édulcorant pour remplacer le sucre. Les scores d'acceptabilité globale des biscuits ont révélé que la substitution de la farine de pois chiche et de la poudre de datte jusqu'à 30 % chacune par la farine de blé raffinée était appropriée pour développer des biscuits acceptables.</p>
<p><b>Naik et al., (2020)</b></p>	<p>Afin d'étudier l'effet de l'incorporation de la farine de soja sur les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles des biscuits pour enfants.</p>	<p>Les résultats de l'analyse physico-chimique ont montré que le diamètre et l'épaisseur des biscuits formulés diminuent à mesure que le taux d'étalement augmente. Il a été également constaté que de la dureté du biscuit augmente avec l'augmentation de la quantité de farine de soja. Par ailleurs, l'évaluation sensorielle a révélé que les biscuits préparés à base de farine de soja avaient une acceptabilité presque similaire à ceux fabriqués localement.</p>

<p><b>Aleksandra Szydłowska-Czerniak et Monika Momot, (2021)</b></p>	<p>La formulation de biscuits à base de farine de blé contenant le tourteau de colza - premier sous-produit de la production d'huile de colza riche en composés phénoliques et en différents types de graisses (huile de colza, margarine et huile de coco) a été optimiser par la MSR.</p>	<p>La conception composite centrale avec deux facteurs et la méthodologie de surface de réponse (RSM). Permettent d'étudier les effets de la substitution partielle de WF pour RPC (0-40 g) dans un mélange total de farine (100 g) et de graisses avec diverses quantités d'acides gras saturés (SAFA = 2,3-24,9 g) sur la capacité antioxydante (AC) et les caractéristiques sensorielles (couleur, odeur, texture, saveur, acceptabilité globale et scores d'intention d'achat) des nouveaux biscuits ont été étudiés.</p>
<p><b>Eliane Flore Eyenga et al., (2021)</b></p>	<p>Pour obtenir les niveaux optimaux de facteurs menant aux réponses souhaitables afin de définir l'exploitable condition optimale, les équations du modèle ont été graphiquement calculé pour visualiser, au moyen de courbes de niveau, la relation entre les facteurs et les réponses. Optimisation avec des réponses multiples a été obtenue en utilisant la désirabilité fonction.</p>	<p>Les valeurs expérimentales et prédites des réponses ont été comparées à l'aide d'un test t afin de valider l'adéquation des modèles de surface de réponse pour prédire la réponse optimale.</p>

Chapitre

---

3

**VALORISATION DE LA DATTE**

**ALGÉRIENNE**

## Chapitre 3 : Valorisation de la datte algérienne

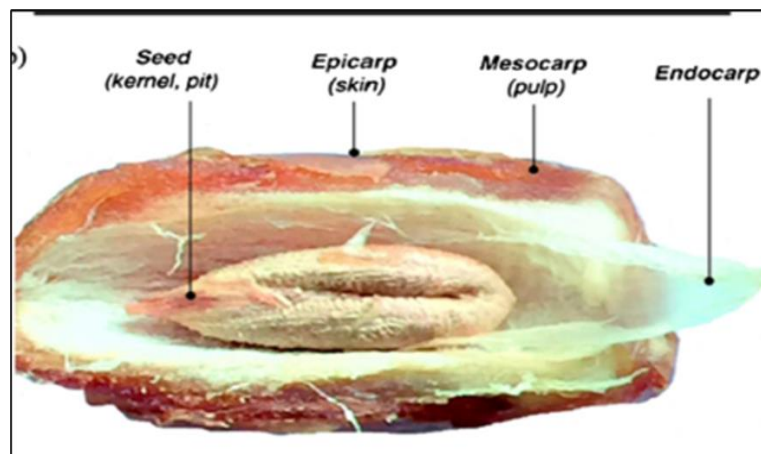
### 3.1. Description botanique de la datte algérienne

#### 3.1.1. Aspet botanique

La datte est le fruit du palmier dattier, généralement de forme allongée, ou arrondie. Elle est composée d'un noyau ayant une consistance dure, entouré de chair. La partie comestible de la datte, dite chair ou pulpe, est constituée de :

- Un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau ;
- Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et est de couleur soutenue ;
- Un endocarpe de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau (**Espiard, 2002**).

La figure ci- dessous présente une coupe longitudinale du fruit de datte :



**Figure 8:** Coupe longitudinale d'une datte (**Ghnimi et al., 2017**).

#### 3.1.2. Formation et stades de maturation

Les fleurs fécondées, à la nouaison, donnent un fruit qui évolue en taille, en consistance et en couleur jusqu'à la récolte (**Gilles, 2000**).

Chaque étape de maturation de la datte a été identifiée nominalement, ce qui permet de suivre l'évolution du fruit au cours de son développement. Les expressions utilisées sont celles de nomenclature Irakienne adoptées par de nombreux auteurs.

Les différents stades de maturation de la datte peuvent être définis et résumés dans le **Tableau 6**.

Tableau 6: Stades de maturation des dattes.

Stades	Figures
<p><b>Bounoune :</b></p> <p>Ce stade commence juste après la fécondation et dure environ cinq semaines. A ce stade, le fruit est entièrement recouvert par le périanthe et se caractérise par une croissance lente.</p>	
<p><b>Blah, Khalal ou Kimri :</b></p> <p>Ce stade duré sept semaines environ et se caractérise par une croissance rapide en poids et en volume des dattes. Les fruits ont une couleur verte vive et un goût âpre à cause de la présence des tanins.</p>	
<p><b>Bser ou souffar :</b></p> <p>Les sucres totaux atteignant un maximum en fin du stade. La couleur vire au jaune, au rouge et au brun, suivant les clones. La datte atteint son poids maximum au début de ce stade. Il dure en moyenne quatre semaines.</p>	
<p><b>Nokar, Routab ou Martouba :</b></p> <p>La couleur jaune ou rouge du stade Khalal passe au foncé ou au noir.</p> <p>Ce stade se caractérise par la perte de la turgescence du fruit suite à la diminution de la teneur en eau.</p>	
<p><b>Tamr ou Tamar :</b></p> <p>C'est le stade final de la maturation de la datte. Le fruit perd beaucoup d'eau, ce qui donne un rapport sucre/eau élevé.</p>	

### 3.1.3. Classification des dattes

D'après **Espiard, (2002)**, la consistance de la datte est variable. Selon cette caractéristique, les dattes sont réparties en trois catégories : dattes molles, dattes demi-molles et dattes sèches de consistance dure.

En **(1973)**, **Munier** définit un indice « **r** » de qualité ou de dureté comme étant le rapport entre la teneur en sucre sur la teneur en eau des dattes.

$$r = \frac{\textit{Teneur en sucre}}{\textit{Teneur en eau}}$$

Le calcul de cet indice permet d'estimer le degré de stabilité du fruit et conduit à la classification suivante :

- Dattes molles : **r < 2**
- Dattes demi-molles : **2 < r < 3.5**
- Dattes sèches : **> 3.5**
- Pour **r = 2** : la stabilité du fruit est optimale et son aptitude à la conservation est très appréciable.

Les dattes sont regroupées en trois catégories suivant leur consistance ; cette classification, établie par les américains est valable pour les variétés d'Algérie :

- ❖ **Dattes molles** ; de texture fibreuse et aqueuse ; Ghars, Hamraia, Litimia...etc.
- ❖ **Dattes demi-molles** ; Deglet-Nour, Arechti...etc.
- ❖ **Dattes sèches** ; ou dures qui durcissent sur l'arbre et ont une texture farineuse ; telle que Mech-Degla, Degla- Baidha...etc (**Daas Amiour, 2009**).

### 3.1.4. Les principales variétés des dattes

Il existe un grand nombre de variétés de dattes d'environ 200 qui se différencient par la qualité de leurs fruits (consistance, forme, couleur, saveur, et dimensions) et par leur appréciation dans le marché.

Les principales variétés de dattes algériennes sont :

➤ **Ghars**

Les dattes de la variété Ghars, géographiquement sont abondantes aux Zibans, à Oued Souf, à O. Righ, à Ouargla, aux Mzab.

Les dattes sont consommées à l'état frais et peuvent être conservées dans des sacs en toiles.

La variété Ghars se caractérise essentiellement par une consistance très molle, à maturité complète. L'épicarpe est vitreux brillant, collé et légèrement.

➤ **Deglet-Nour**

Les dattes de la variété Deglet Nour sont des dattes demies molles. C'est une variété commerciale par excellence, qui veut dire « doigts de lumière ». Elles ont un goût très doux, elles sont quasi transparentes.

Les dattes Deglet Nour ont une forme fuselée, ovoïde, légèrement aplatie du côté périanthe.

Au stade Tmar, la datte devient ombrée, avec un épicarpe lisse et brillant. Le mésocarpe est fin, de texture fibreuse (**Bennamia et Messaoudi, 2006**).

➤ **Mech-Degla**

Datte sèche dont la chaire est fermée et résistante son rendement varié entre 50 et 60 kg/arbre.





A maturité, la datte est plutôt beige claire, l'épicarpe est ridé, peu brillant et cassant. Le mésocarpe est plus charnu de consistance séché et de texture fibreuse (**Buelguedj, 1996**).

➤ **Degla-Baidha**

Présente un aspect farineux et une texture dure. L'aspect dur de la variété Degla-Beida peut être lié au stade de maturation de la datte, de fait que les dattes sèches ne passent pas par le stade Routab.



Tableau 7: Principales variétés de dattes algériennes.

Variétés	Illustrations	Catégories	Taux d'humidité
Ghars		Dattes molles	$\geq 30\%$
Deglet-Nour		Dattes demi-molles	De 20 à 30%
Mech-Degla		Dattes sèches ou dures	< 20%
Degla-Baidha			

### 3.2. La composition de datte

#### 3.2.1. Composition de pulpe « partie comestible »

La datte est constituée de deux parties, une qui est comestible, représentée par la pulpe (mésocarpe) ; et l'autre, non comestible, qui est le noyau, ayant une consistance dure. La datte se compose essentiellement d'eau, de sucres réducteurs « glucose et fructose » et de sucres non réducteurs, « saccharose ».

Les constituants non glucidiques représentent les protéines, les lipides, la cellulose, les cendres (sels minéraux), les vitamines, les fibres et les enzymes.



### 3.2.2. Composition physicochimique

#### 3.2.2.1. La teneur en eau

L'eau est le principal constituant de la datte, elle s'intéresse le plus le conditionneur car la teneur en eau peut être modifiée à volonté par déshydrations ou hydratations (**Ghachem, 1992**).

D'après **Munier, (1973)**, la teneur en eau est en fonction des variétés, stade de maturation et du climat, les dattes de consistances molles ont une humidité supérieure à 20%, par contre les dattes sèches ont une humidité inférieure à 20% et les dattes de consistance demi-molles ont une humidité variante entre 20-30%.

La teneur en eau de quelques variétés de dattes algériennes est donnée dans le **Tableau 8**

**Tableau 8:** La teneur en eau de quelques variétés de dattes algériennes (**Belguedj, 2002**).

Variétés	Catégories	Teneur en eau %
Deglet Nour	Dattes demi-molles	25.5
Ghars	Molles	30
Mech-Degla	Sèches	13
Degla-Baidha	Sèches	13.3

#### 3.2.2.2. Le pH

Le pH de la datte est légèrement acide ; il varie entre 5 et 6. Ce pH est préjudiciable aux bactéries mais approprié au développement de la flore fongique (**Reynes et al., 1994**).

#### 3.2.2.3. L'acidité

L'acidité de la datte est faible est varié entre 2,02 et 6,3 g d'acide/Kg (**Rygg et al., 1953**). Une forte acidité est souvent associée à une mauvaise qualité. Le taux de l'acidité de la datte est proportionnel à la teneur en eau et donc inversement proportionnel au degré de maturité.

Des travaux faits par les mêmes chercheurs sur la variété Deglet Nour, montrent qu'au cours des différents stades de l'évolution de cette variété, les acides organiques décelés sont l'acide malique et acétique, ils apparaissent et disparaissent entre le stade Kimri et le début de stade

Khalal, puis à partir de ce stade ils se stabilisent en quantité égale, c'est ce qui est indiqué par le tableau suivant (Maatalah, 1970).

### 3.2.3. Composition biochimique

#### 3.2.3.1. Les sucres totaux et sucres réducteurs

Les sucres sont les constituants majeurs de la datte. L'analyse des sucres de la datte a révélé essentiellement la présence de trois types de sucres : le saccharose, le glucose et le fructose (Estanove, 1990 ; Acourene *et al.*, 1997), ceci n'exclut pas la présence d'autres sucres tels que : le galactose, le xylose et l'arabinose (Favier *et al.*, 1993).

Les dattes constituent une source de prédilection de sucre (Tableau 9) avec une teneur 60 et 80 % contre environ 12 à 20% dans la betterave et la canne de sucre (Decloux, 2008). Il n'y a aucune raison de les purifier (sucre de dattes) entièrement et de les débarrasser de toute trace de minéraux et micronutriments avant les utiliser dans la confection des aliments (Rémésy, 2008).

**Tableau 9:** La teneur (%) en sucres de quelques variétés des dattes algériennes (Belguedj, 2002).

Constituant par apport à la matière sèche (%)	Type de datte					
	Molle		Demi-molle		Sèche	
	Ghars	Tinicine	Deglet-Nour	Tafazoïune	Degla-Baidha	Mech-Degla
<b>Sucres totaux</b>	85.28	54.30	71.37	56.90	74	80.07
<b>Sucres réducteurs</b>	80.68	48	22.81	47.70	42	20
<b>Saccharose</b>	04.37	05.30	46.11	8.74	30.36	51.40

### 3.2.3.2. Protéines et acides aminés

Les dattes contiennent tous les 8 acides aminés essentiels qui ne doivent jamais être négligés en nutrition et ne sont pas fabriqués dans le corps. Elles varient entre 0,38 et 2,5% du poids sec (**Razi, 1993**).

La datte contient 18 des 20 acides aminés présents dans les êtres vivants. Si on peut trier la quantité d'acides aminés trouvés dans les dattes du plus haut au plus bas comme : Acide glutamique, Acide aspartique, Leucine, Proline, Arginine, Phénylalanine, Valine, Alanine, Sérine, Glycine, Iso-leucine, Lysine, Thréonine, Histidine, Tyrosine, Méthionine, Cystéine et Tryptophane.

Selon **Al-Shahib et al., (2003)**, les protéines de la datte contiennent dont certains ne sont pas présents dans certains fruits comme la banane, la pomme et l'orange.

**Tableau 10:** Composition moyenne en acides aminés de la datte sèche (**Favier et al., 1993**).

Acides aminés	Teneur de la pulpe, en mg/100g
Isoleucine	64
Leucine	103
Lysine	72
Méthionine	25
Cystéine	51
Phénylalanine	70
Tyrosine	26
Thréonine	69
Tryptophane	66
Valine	88
Arginine	68
Histidine	36
Alanine	130
Acide aspartique	174
Acide glutamique	258
Glycocolle	130
Proline	144
Sérine	88

### 3.2.3.3. Les lipides

La datte renferme une faible quantité de lipides. Leur taux varie entre 0,43 et 1,9 % du poids frais, qui se concentre dans l'épicarpe (**Oulamara, 2001**). Cette teneur est en fonction de la variété et du stade de maturation (**Noui, 2007**).

La composition lipidique des dattes a été étudiée par (**Illgeman et Smith, 1938**) pour différentes variétés : elle est voisine de 6,07 % (base matière fraîche) pour la Deglet Nour ; **Kikisiuet Miki, (1974)**, **Sawaya et al., (1983)** ont identifié la plupart des acides gras.

La concentration en acide oléique est de l'ordre de 44,3 %, celle de l'acide laurique de 24,2 %, l'acide myristique de 9,3 %, l'acide palmitique de 9,9 %, l'acide linoléique de 8,5 %. Les acides stéarique, caprique, caprylique sont des composés mineurs.

### 3.2.3.4. Les fibres

La datte est riche en fibres (6,4 à 11,5%) du poids sec (**Al-Shahib et al., 2003**). Elles sont constituées à 57% de fibres insolubles et à 43% de fibres solubles. Elles sont formées de :

Cellulose	1,55 % base matière fraîche
Hémicellulose	1,28 %
Lignine	2,01 %
Lignocellulose	Très variable selon les variétés
Pectines insolubles	

Les dattes commercialisées contiennent entre 2 et 6 % de fibres, celles de moins bonne qualité utilisée à des fins industrielles (jus, pâte ...) peuvent en contenir jusqu'à 10 %. Une portion de 25 g de dattes (3 fruits) fournit 2 g de fibres, ce qui représente de 5% à 8% de la quantité de fibres recommandée par jour. Les dattes séchées constituent une meilleure source de fibres alimentaires que les raisins secs, les abricots secs et les pruneaux.

Ce qu'il faut aussi savoir des fibres, essentiellement insolubles, sont un excellent moyen dans la régularité intestinale et la prévention de la constipation. En retenant l'eau dans le côlon, elles font augmenter le volume et le poids des selles, ce qui réduit le temps de transit et facilite l'évacuation. Et de prévenir l'apparition du diabète de type 2. Elles réduisent la charge glycémique des repas et constituent une solution très efficace pour éviter les hyperglycémies.

En effet, La consommation de fibres est utile pour assurer une sensation de satiété durable après les repas ou les encas.

### 3.2.3.5. Les éléments minéraux

Les dattes sont de riches sources de minéraux (**Tableau 11**) et sont connues pour offrir un certain nombre de bienfaits pour la santé. Par exemple, il a été rapporté que les dattes contiennent au moins quinze minéraux différents tels que le magnésium, le manganèse, le phosphore, le fer.

La caractéristique la plus remarquable des dattes réside dans la présence de minéraux et d'oligoéléments particulièrement abondants dépassant nettement les autres fruits secs.

**Tableau 11:** Teneur en sels minéraux pour 100g des dattes dénoyautées (**Siboukeur, 1997**).

Eléments minéraux	Teneur en mg
Potassium	649 -754
Chlore	268 -290
Calcium	58.3 -67.8
Phosphore	54.8 -63.8
Magnésium	50.3 -58.5
Soufre	43.8 -51.10
Sodium	4.1 -4.8
Fer	1.3 -2.0
Cuivre	0.18 -0.2

### 3.2.3.6. Les vitamines

La pulpe de dattes contient des vitamines en quantité variable avec les types de dattes et leur provenance (**Boukhiar, 2009**). Les plus dominante sont la vitamine A et les vitamines B1 et B2 qui sont en proportions appréciables. Les vitamines C et D sont quasiment inexistantes

(Al-Shahib et al., 2003 ; Bousdira, 2007). Le Tableau 12 représente la composition vitaminique des dattes.

**Tableau 12:** Composition vitaminique des dattes (Favier et al., 1993).

Vitamines	Teneur moyenne de 100g
Vitamine (c)	2,00 mg
Thiamine (B1)	0,06 mg
Rioboflavine (B2)	0,10 mg
Niacine (B3)	1,70 mg
B3 Acide pantothénique (B5)	0,80 mg
Vitamine (B6)	0,15 mg
Folates (B9)	28,00 µg

### 3.2.3.7. Les enzymes

La qualité des dattes est influencée par l'activité de l'invertase, la cellulase, la pectinmethylesterase et la polyphenoloxdase (Benabbes, 2011).

En plus de ces constituants, les dattes contiennent des substances colorantes et des substances aromatiques (Torres et al., 1995 ; Cités par Benahmed, 2007).

### 3.2.3.8. Les Composés phénoliques

Les dattes referment les composés phénoliques, l'analyse qualitative de ses composés révélé la présence des acides cinnamiques, des flavanones et des flavones (Mansouri et al., 2005 ; Cités par Benabbes, 2011).

### 3.2.3.9. Les antioxydants

Les pouvoirs antioxydants des dattes sont élevés. Selon plusieurs études, les dattes contiennent une forte concentration des composés antioxydants (polyphénols, caroténoïdes,

flavonoïdes, acides phénoliques). Les scientifiques de l'Inra, en collaboration avec ceux de l'Université de Bizerte (Tunisie) ont mis en évidence une très forte proportion de tanins. Une seule datte de 10 g en contiendrait 150 mg qui aident à limiter l'apparition des radicaux libres.

### 3.2.4. Composition biochimique de la partie non comestible "Noyau "

Le noyau présente 7 à 30 % du poids de la datte. Il est composé d'un albumen blanc, dur et corné, protégé par une enveloppe cellulosique (**Espiard, 2002**).

Selon **Djerbi, (1994)**, les noyaux constituent un sous-produit intéressant. En effet, de ces derniers, il est possible d'obtenir une farine dont la valeur fourragère est équivalente à celle de l'orge. Le **Tableau 13** représente la composition biochimique des noyaux de dattes.

**Tableau 13:** Composition biochimique des noyaux de dattes (**Munier, 1973**).

Constituants	Teneur en (%)
Eau	6.46
Glucides	62.51
Protides	5.22
Lipides	8.49
Cellulose	16.20
Cendres	1.12

### 3.3. Intérêt nutritionnel et diététique

Le coran a toujours mentionné les dattes avec une façon élogieuse, et elles ont mentionné 17fois. Le prophète Mohammed (bénédictions et paix sur lui) dit : « celui qui commence sa journée par manger sept dattes ne sera pas lésé ni par poison ni par envoutement » (rapporté par **l'Imam Muslim**).

Les dattes sont des aliments précieux, rapidement digéré, facile à absorber, avec une grande valeur nutritive et énergétique :

- Une bonne teneur en sucres réducteurs facilement assimilables par l'organisme.
- Les protéines des dattes sont équilibrées qualitativement, mais en faible quantité.

- Le profil vitaminique de la datte se caractérise par des teneurs appréciables en vitamines du groupe B. Ce complexe vitaminique participe au métabolisme des glucides, des lipides et des protéines (**Tortora et al., 1987**).
- Leur forte contenance en sucres qui leurs confèrent une grande valeur énergétique.

### **3.4. Technologie de transformation de la datte**

La technologie de la datte c'est toutes les opérations qui, de la récolte jusqu'à la commercialisation, pour un rôle primordial dans la préservation, l'amélioration de la qualité et l'augmentation de la valeur marchande des fruits, et de transformer ceux qui ne sont pas consommés, ou consommables.

Aujourd'hui grâce aux procédés biotechnologiques, il est possible de valoriser les dattes communes de faible valeur marchande et de mettre sur le marché local et international, une nouvelle génération de produits à hautes valeurs ajoutées tel que le bioéthanol ou d'autres produits simples tels que le miel, le jus et les farines de dattes.

Les dattes constituent la base de l'alimentation de la majorité des populations des zones sahariennes. Elles sont considérées comme l'un des plus importants piliers de l'économie du secteur agricole. Des milliers de tonnes de dattes restent non utilisées et peuvent dépasser les 30 % de la production. Elles pourraient être valorisées (récupérées et transformées) (**Boukhiar, 2009**), les industries de transformation de la datte suivent encore beaucoup de méthodes de production et n'ont pas encore rattrapé les autres industries agricoles modernes (**Al- Hooti et al., 2002 ; Sidhu et al., 2003 ; Ahmed et Ramaswamy, 2006**).

#### **3.4.1. La pâte de dattes**

Elle remplace facilement le sucre raffiné dans les pâtisseries ce qui en fait un ingrédient particulièrement recherché par celles et ceux qui cherchent à en diminuer la consommation. Elle est également souvent employée dans la réalisation de petits gâteaux orientaux comme les makrouts. Autre avantage, elle n'a pas tant de goût que ça.

#### **3.4.2. Farine de dattes**

Les farines des dattes peuvent être produits uniquement à partir des variétés sèches ou susceptible d'être après dessiccation jusqu'à une humidité de 5%. Ces farines ou semoules peuvent être consommées telles quelles ou servir à la fabrication des biscuits, pains et gâteaux



(Boubekri, 2010). Les variétés Algériennes qui convenaient mieux pour la production de la farine et de semoules sont principalement Mech-Degla, Degla-Baidha.

Les processus de la fabrication de farine de datte passent par : Le nettoyage à sec, le dénoyautage puis le séchage à 70°C jusqu'à une humidité de 5 %. Ensuite on effectue un broyage et un tamisage. Ainsi, on obtient trois produits : farine, semoule Blanche et semoule vêtues (Açourne, 1998).

Production de la farine de dattes naturelles et enrichies par les farines de céréales et de légumineuses destinées à l'alimentation des bébés, adolescents, personnes âgées, sportifs...etc (Mechraoui et Belkhadem, 2009).

### 3.4.3. Sirop, confiture des dattes

D'après l'étude comparative des caractéristiques biochimiques et organoleptiques de la confiture de dattes et de la confiture d'abricots, elle montre que la qualité de la confiture de dattes produites varie selon le cultivar utilisé et suivant la richesse en sucres et en eau de chaque cultivar, et aussi le remplacement du saccharose utilisé pendant la production de la confiture à l'échelle industrielle, par le sirop de dattes (économiser l'utilisation des sucres importés, saccharose) (Mechraoui et Belkhadem, 2009).

### 3.4.4. Alcool

La production d'alcool à partir des déchets de dattes constitue une solution intéressante sur le plan économique, cet alcool peut remplacer avantageusement celui obtenu par voie chimique à partir des produits pétroliers et peut remplacer le pétrole léger comme carburant ou au moins permettre le coupage de l'essence (5 à 10 % d'éthanol).

Les dattes constituent un substrat de choix pour la production de l'alcool éthylique. Selon Touzi, (1997), l'alcool éthylique a été produit au laboratoire avec un rendement de 87%.

### 3.4.5. Le vinaigre

Les dattes peuvent être utilisées pour l'élaboration du vinaigre. Ce dernier a été produit par culture de la levure *Saccharomyces uvarum* sur un extrait de datte (Boughnou, 1988 ; Ould El Hadj et al., 2001 ; Benamara et al., 2007). Ce dernier est produit à partir d'un jus de dattes par une double fermentation, alcoolique puis acétique.

### 3.4.6. Les autres produits

La datte constitue un substrat de choix pour la production de nombreux autres produits tels que : acide citrique, les aliments en bétail, le jus, et le vin.

### 3.5. Importance économique de la transformation de la datte

La datte est un produit qui présente des avantages comparatifs et pour lequel il n'existe pas de problèmes de concurrence entre les pays développés et les pays sous-développés. La datte fait l'objet d'un commerce intérieur et extérieur important, surtout la variété Deglet-Nour.

Les autres variétés, même si elles ne sont pas largement commercialisées sur les marchés, elles peuvent être transformées en divers produits dont l'impact socio-économique est considérable tant du point de vue de la création d'emplois que de la stabilisation des populations dans les zones à écologie fragile. Ainsi, les produits issus de la transformation de la datte limiteraient, par ailleurs la dépendance économique du pays vis-à-vis de l'étranger, du moins pour certains sous-produits, et lui permettraient d'économiser des devises susceptibles d'être dégagées pour d'autres secteurs (Touzi, 1997).

### 3.6. Valorisation technologique de la datte algérienne par son incorporation dans la fabrication des biscuits

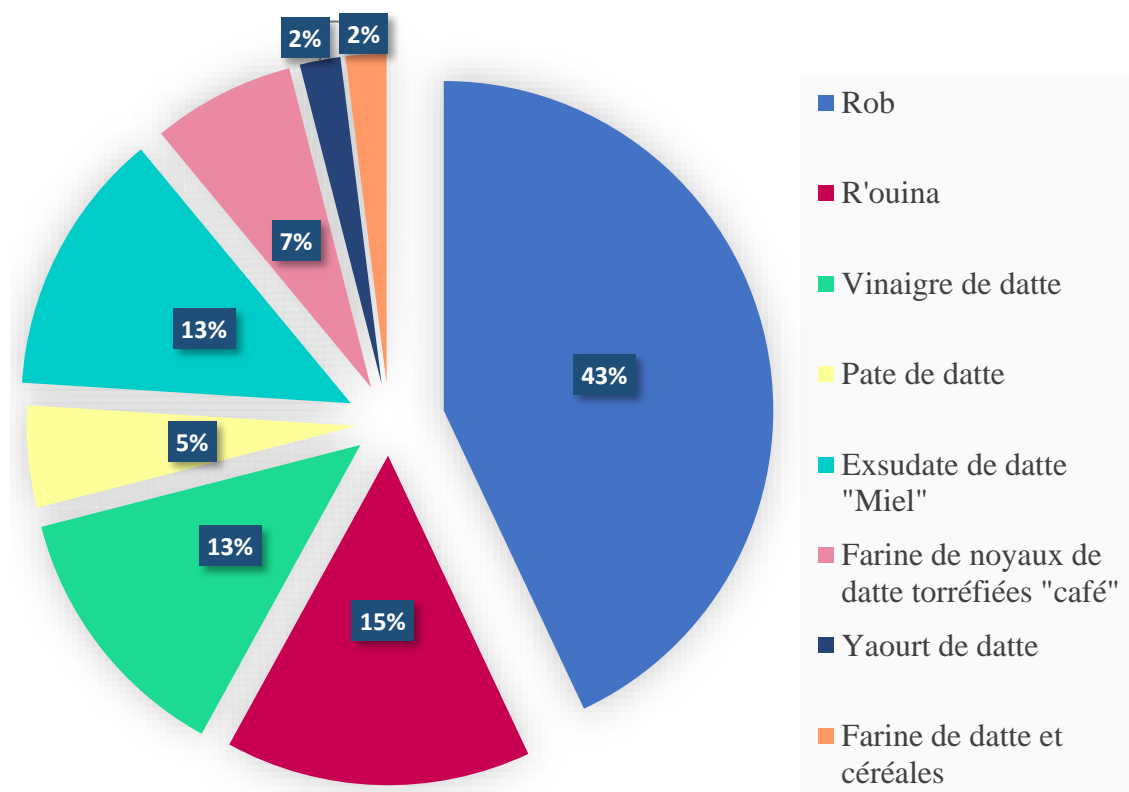
La valorisation technologique des dattes permet ainsi de transformer les dattes de faible valeur commerciale ne répondant pas au standard international, et d'améliorer la présentation des dattes réputées pour leur bonne valeur marchande. Ceci permet de mettre à la disposition du consommateur un produit fini de qualité, augmentant ainsi la consommation des dattes dans notre pays. Elle assurerait également la création d'emplois et l'amélioration des revenus des producteurs indispensables à leur maintien dans ce milieu difficile.

Outre sa production de dattes pour l'alimentation humaine, le palmier dattier, offre une large gamme de sous-produits exploités par la population saharienne (**Figure 9**), à savoir :

- Le vinaigre, l'alcool et les levures, par fermentation microbiologiques des dattes communes ;
- Farine de dattes utilisées dans la panification ;
- Jus de dattes, par extraction, utilisé comme sucrerie ;
- Tronc d'arbre, utilisé dans l'ébénisterie traditionnelle, bois de chauffage et charpentes de bâtiments ;

- Palmes sèches, utilisées comme clôtures, brises vent, dans la confection de couffins, de chapeau, etc., ils peuvent même servir en industrie de papier ;
- Les régimes de dattes, comme balais traditionnels, et comme combustibles ;
- Le liffe pour la confection des semelles de sandales ;
- Le lacmi, boisson très recherchée par la population locale, représentant la sève qui s'écoule du stipe.

L'utilisation des sous-produits du palmier dattier dans l'alimentation du bétail est depuis longtemps pratiqué par les éleveurs locaux d'une façon traditionnelle. Les sous-produits les plus utilisés sont principalement les déchets de dattes, puis viennent à un degré moindre les pédicelles de dattes et les palmes sèches.



**Figure 9:** Les produits à base de dattes disponibles sur le marché algérien.

### 3.7. Législation algérienne relative à l'utilisation des produits de dattes

Le domaine de transformation peut jouer le rôle d'un levier majeur de développement de la filière dattes et de valorisation du territoire oasien grâce à la mise sur les marchés internationaux de ce produit spécifique. En effet, le ministère de l'agriculture et du développement rural a lancé des plans pour moderniser l'agriculture algérienne. Parmi les principaux objectifs de ces programmes sont sans le **Tableau 14**.

**Tableau 14:** Processus institutionnel de valorisation en Algérie; Dates et les textes clés.

Années	Texte réglementaire
1970	Décret 70-189, 1 <sup>er</sup> décembre 1970 : appellation d'origine garantie/ 7vins
1973	Enregistrement international des AOG vins
1976	Décret 76-121, 16 juillet 1976 : publication JO des 7 AOG vins
1998	Décret 98-68 du 21 février 1998 : création INAOR et adoption des labels de qualité
2008	<b>Loi 8-16, 3 août 2008 : orientation agricole, instauration système national de qualité</b>
2009	Décision ministérielle du 1 <sup>er</sup> février 2009 : système national de qualité des produits agricoles ou d'origine agricole
2013	<b>Décret exécutif 13-260, 7 juillet 2013</b> : composition et fonctionnement du comité technique des IG de produits agricoles
2014	18 septembre 2014, signature accord de jumelage Algérie UE (UGP/pa3) : Mise en œuvre du système de qualité des produits agricoles par les signes distinctifs liés à l'origine : AO et IG
2015	30 juillet 2015 : installation du comité national de labellisation par le ministre de l'agriculture

### 3.8. Production de dattes mondiale et locale

Au cours des vingt dernières années, le nombre de palmiers dattiers plantés dans le monde a plus que triplé alors que plus d'une trentaine de pays dans le monde produisent des dattes.

#### 3.8.1. Production mondiale

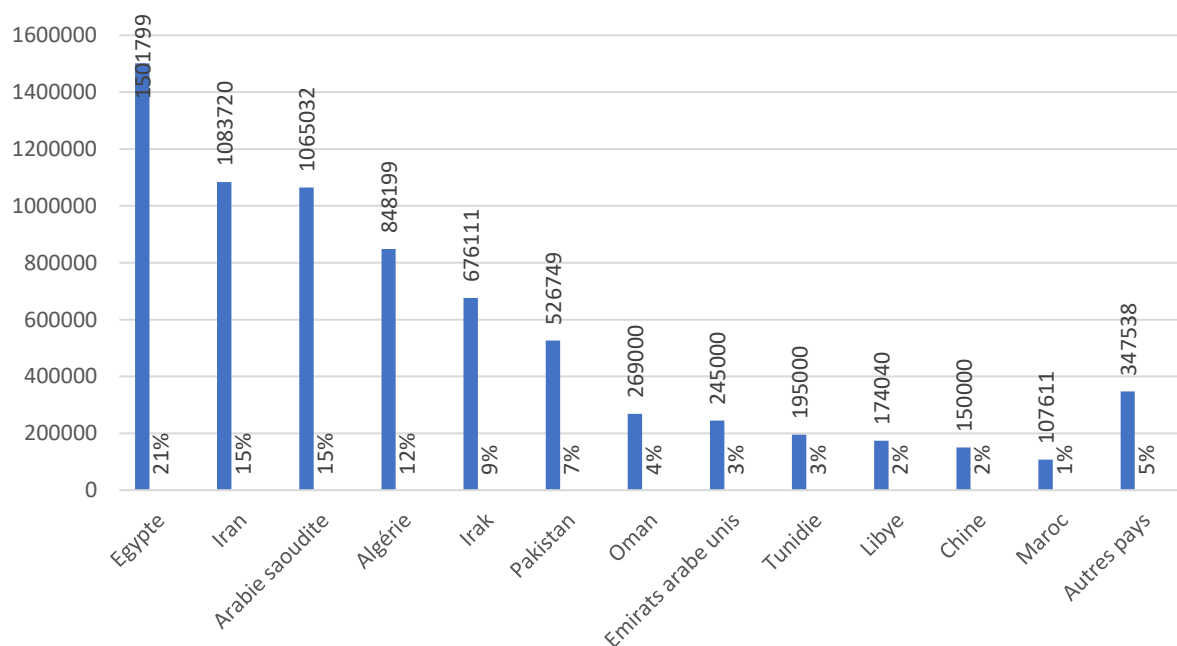
En 2014, la production mondiale des dattes était supérieure à 7.6 millions de tonnes, cela place la datte au 5<sup>ème</sup> rang des fruits les plus produits dans les régions arides et semi-arides.

Les principaux producteurs de dattes dans le monde sont situés dans le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord quant à la production mondiale de dattes, elle est évaluée à dont environ 71% sont générés par les pays arabes.

L'Espagne est l'unique pays européen producteur de dattes principalement dans la célèbre palmeraie d'Elche. Le palmier dattier est également cultivé à plus faible échelle au Mexique, en Argentine et en Australie (Matallah, 2004).

L'Asie et l'Afrique s'accaparent à eux seules la quasi-totalité du patrimoine phœnicicole avec 1.120.945 ha (réservé au dattier) et 96% de la production mondiale de dattes en 2015 (FAO, 2015) (Figure 10).

L'Egypte est le premier producteur mondial de dattes avec 1 465 030 tonnes suivis de l'Iran et de L'Algérie. Malgré que la superficie du palmier dattier en Egypte est inférieure à celle de l'Algérie (44 037 ha 165 348 ha respectivement en 2017) (ONFAA, 2017).



**Figure 10:** La production mondiale de datte en 2015 (FAO, 2015).

### 3.8.2. Production des dattes en Algérie

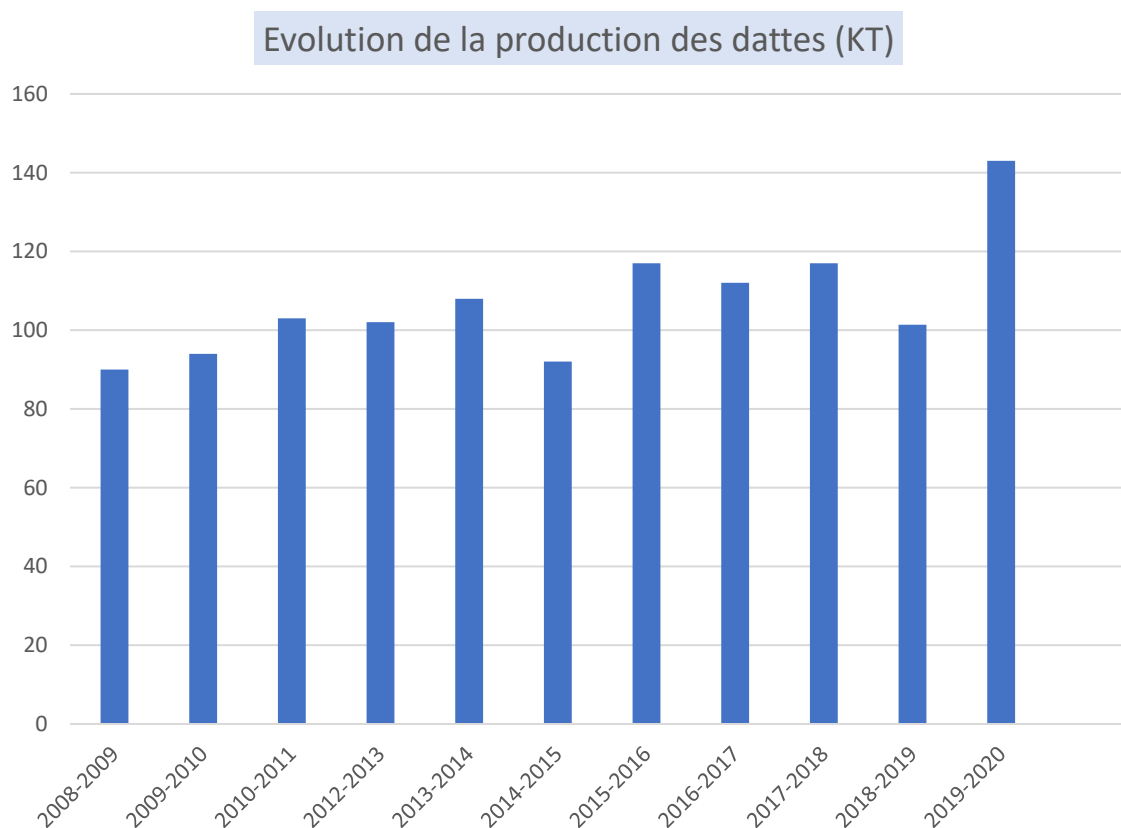
L'Algérie est un pays traditionnellement grand producteur de dattes. La production dattier de la campagne 2008 a été de 5,5 millions de quintaux toutes variétés confondues, 8 millions en 2012 et 9,5 millions de quintaux en 2013 (Madr, 2013).

Le potentiel en palmiers dattiers est passé de 11,67 millions en 2000 à 18,4 millions de palmiers en 2013 (Madr, 2013).

La production des dattes est répartie sur 17 wilayas du pays et se concentre principalement dans la région sud-est. La première place est occupée par la wilaya de Biskra, avec plus 25% du patrimoine national. Sur le plan variétal, en 2015, 61% des palmiers de la wilaya sont de la variété des dattes demi molles (Deglet Nour) est très apprécié par les consommateurs (MA/DSAEE, 2001) ; viennent ensuite les dattes sèches (Degla Baidha et analogues) 26 % et la variété des dattes molles (Ghars et assimilées) 13 %.

Les autres wilayas productives sont : Adrar, Laghouat, Batna, Bechar, Tamanrasset, Tébessa, Djelfa, M'sila, Ouargla, El bayadh, Illizi, Tindouf, El oued, Khenchela, Naama et Ghardaïa (DSA Biskra, 2016).

La production de dattes en Algérie est résumée dans la **Figure 11**.



**Figure 11:** La production des dattes en Algérie entre 2008 et 2020.

## **Partie II : Etude expérimentale**

Chapitre

4

**MATÉRIEL ET MÉTHODES**



## Chapitre 4 : Matériel et méthodes

### 4.1. Objectif et lieu de travail

Le présent travail a pour objectif d'optimiser la formulation de biscuits fonctionnels en utilisant la Méthodologie des surfaces de réponses et d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles de ces biscuits.

Notre travail expérimental a été effectué durant la période allant du 16/02/2022 Au 26/05/2022, au niveau de la ligne de fabrication des biscuits de types sandwichs de la nouvelle biscuiterie de Cherchell (NBC) située à Oued el bellaa (Wilaya de Tipaza) ainsi qu'au niveau des laboratoires de l'entreprise (BIMO), laboratoire de contrôle de qualité (LCQ), Kolea et laboratoire d'hygiène et contrôle de qualité (HQC), Blida.

### 4.2. Matériel

#### 4.2.1. Matériel biologique

##### 4.2.1.1. La farine de dattes

##### 4.2.1.1.1. La variété de datte utilisée

La variété de dattes utilisée dans notre étude est « Degla-Baidha ». Cette matière première provient de la région d'Oued Souf. La farine a été achetée chez un marchand de dattes situé à wilaya de Touggourt, stockée et conservée dans des conditions favorables (température et emballage).

Le choix de cette variété est justifié par ses critères :

- Sa qualité gustative, son abondance au niveau nationale et sa facilité de conservation (datte sèche).
- Produit disponible et de faible valeur marchande.

##### 4.2.1.1.2. L'obtention de la farine de dattes

Le procédé de fabrication de la farine de dattes passe par 08 étapes (**Tableau 15**).

**Tableau 15:** Les différentes étapes de transformation des dattes en farine.

<b>Etapes</b>	<b>Transformation</b>
<b>1) Echantillonnage</b>	-Les dattes doivent être saines, et ne portent pas de signes d'altération.
<b>2) Triage et nettoyage</b>	- Les dattes sont triées entièrement à la main. - Laver les dattes par l'eau. -Eliminer les pierres, les particules métalliques.
<b>3) Dénoyautage</b>	-Séparer les noyaux de la pulpe du fruit à l'aide d'un couteau ménagé.
<b>4) Découpage</b>	-Découper les dattes en petits cubes par un couteau pour faciliter le séchage. -Elle permet d'augmenter la surface de contact avec l'air sec et favorise ainsi une meilleure déshydratation.
<b>5) Séchage ou déshydratation</b>	-Le séchage de datte consiste à réduire l'humidité initiale à l'environ 5% (par rapport au masse sèche). -Le séchage est réalisé par le contact direct du produit avec l'air chaud circulant dans l'étuve à une température de 70°C, pendant 24h. -Une fois les 24h sont écoulées, les dattes sont laissées refroidir à l'air libre.
<b>6) Broyage</b>	-Cette opération a pour but de réduire les pulpes en particules de plus en plus fines.
<b>7) Tamisage</b>	-Cette opération c'est pour but d'uniformiser les particules de donner un aspect régulier de la farine. -Le tamisage est réalisé par un tamis dont le diamètre des mailles est 0.19mm.
<b>8) Conditionnement</b>	-Le conditionnement de la farine obtenue doit se faire à égard de l'humidité. -La conservation de farine de dattes se fait à l'abri de l'humidité dans des sachets en polypropylène scellées dans un endroit frais à température de 6°C.



**Figure 12:** Farine de dattes de la variété Degla-Baidha.

#### 4.2.1.2. La farine de blé complet

La marque de farine de blé complet utilisée dans notre étude est de la marque MAMA de type T150.

Dans la production de la farine complète c'est le blé complet qui est utilisé. Ce type de farine a un taux d'extraction de 100%, ce qui signifie que rien n'est retiré pendant la mouture.

C'est la farine qui contient toutes les parties du grain du blé : le son (couche extérieur), l'endosperme (couche du milieu) et le germe (couche intérieure).

Le choix de ce type de farine est justifié par ;

- Le son et le germe est composé par des fibres, vitamine B, vitamine E, minéraux, et protéines.



**Figure 13:** Sac de farine de blé complet de la marque MAMA de type T150.

### 4.2.2. Matériel non biologique

Le matériel de préparation des biscuits utilisés pour la réalisation de notre expérimentation est :

- Balance.
- Pétrin.
- Rouleau.
- Emporte-pièce.
- Appareil d'humidité.

## 4.3. Méthodes

### 4.3.1. Caractérisation physique de la farine de dattes

La caractérisation physique de la farine de datte va se faire à l'aide d'un test d'appréciation ainsi qu'une analyse macroscopique de la farine de dattes et qui sera portée sur les aspects suivants : la couleur, l'aspect, la saveur, et le diamètre.

### 4.3.2. Analyses physico-chimiques des matières premières

Le contrôle physico-chimique a une grande importance, car il peut détecter les différentes anomalies qui peuvent être présentes dans les matières premières ou dans le produit fini. Aussi il offre souvent la possibilité de donner une évaluation quantitative comme la valeur nutritionnelle et la stabilité du produit durant le stockage.

#### 4.3.2.1. Test d'humidité

- **Principe**

Ce procédé repose sur l'absorption des micro-ondes par les molécules d'eau de l'échantillon. Cette absorption dégage de la chaleur qui évapore les composants volatils.

La grandeur mesurée ici est également la totalité des composants volatils. Elle est déterminée par pesage, avant et après séchage. C'est une mesure rapide qui permet d'utiliser de grande quantité, mais, on risque d'avoir une décomposition de l'échantillon « problématique pour les substances contenant peu d'humidité ».

- **Mode opératoire (au dessiccateur)**

- Nettoyer la capsule en aluminium.

- Tarer le poids.
- Peser 2g de la farine.
- Lancer l'étuvage à 120°C.
  - **Expression des résultats**
- Lire directement les résultats affichés sur l'appareil après signalisation.

#### 4.3.2.2. Détermination de la teneur en cendres (NA 733/1990)

- **Principe**

La teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu obtenu par l'incinération de produit dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C jusqu'à combustion complète de matière organique.

- **Mode d'opérateur**

- Peser 3g de farine dans une nacelle tarée dans laquelle on peut ajouter 1 à 2 ml d'éthanol.
- Placer la nacelle dans un four à moufle à 900°C pendant une heure et demi ou 2 heures jusqu'à disparition des particules carbonées qui peuvent être incluses dans le résidu.
- Retirer la nacelle du four et la mettre à refroidir dans un dessiccateur jusqu'à la température ambiante (au bout de 30 minutes) et mesurer son poids.

- **Expression des résultats**

- Le résultat exprimé en pourcentage en masse rapporté à la matière sèche est donné par la formule suivante :

$$C\% = M1 \times \frac{100}{M0} \times \frac{100}{100 - H} \quad (1)$$

Soit :

C% : teneur en cendres.

$M_0$  : la masse en gramme de la prise d'essai.

$M_1$  : la masse en gramme du résidu.

$H$  : la teneur en eau, exprimé en pourcentage en masse, de l'échantillon pour l'essai.

#### 4.3.2.3. Détermination de pH (NFV05-108/1970)

- **Principe**

La détermination du pH consiste à mesurer la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre prolongées dans une solution aqueuse de la farine de dattes.

- **Mode opératoire**

- Etalonner le pH-mètre avec une solution tampon.
- Préparer une solution à 20% de farine de dattes.
- Placer la solution dans un bécher puis chauffer pendant 30min.
- La détermination de pH se fait en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée dans la solution.

- **Expression des résultats**

- Lire directement le résultat affiché sur l'écran du pH-mètre.

#### 4.3.2.4. Détermination de l'acidité titrable (NF V05-101/1974)

- **Principe**

Cette norme décrit une méthode de détermination de l'acidité titrable en utilisant une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence de phénolphthaléine comme indicateur.

- **Mode d'opératoire**

- Peser 25g de l'échantillon.
- Placer l'échantillon dans une fiole conique avec 50ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène.

- Adapter un réfrigérant à reflux à la fiole conique puis chauffer le contenu au bain-marie pendant 30min.
- Refroidir, transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole à jauge de la 250ml et compléter jusqu'à trait de jauge avec de l'eau distillée, bien mélanger puis filtrer.
- Prélever à la pipette 25ml de filtrat et les verser dans un bécher.
- Ajouter 0.25 à 0.5 ml de phénolphaléine et tout en agitant, titrer avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0.1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

- **Expression des résultats**

- Le résultat est exprimé en grammes d'acide citrique pour 100g de produit par la relation :

$$A\% = \frac{250 \times V1 \times 100}{V0 \times M \times 10} \times 0.07 = 175 \times \frac{V1}{V0 \times M} \quad (2)$$

Soit :

**M** : masse en grammes de produit prélevé.

**V0** : volume en millilitres de la prise d'essai.

**V1** : volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1N utilisée.

**0.07**: facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent l'acide citrique.

#### **4.3.2.5. Détermination la teneur en fibres**

- **Principe**

Les fibres constituent le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives (en milieu acide et en milieu alcalin) suivie par une complexations avec l'éthylène diamine tétra acétique (EDTA) (Issar, 2011 ; Zidani, 2019).

- **Mode d'opérateur**

- Peser dans le ballon 0,2 à 1 g de l'échantillon préalablement broyé.
- Ajouter 50 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,3 N).

- Chauffer à douce ébullition pendant 30 minutes et agiter doucement toutes les 5 minutes en évitant que la matière adhère aux parois du ballon.
- Ajouter par le haut du réfrigérant 25 ml de NaOH (1,5 N).
- Chauffer de nouveau pendant 25 minutes.
- Mettre une pincée (environ 0,5 g) d'EDTA et laisser au feu pendant 5 minutes.
- Filtrer à chaud au creuset filtrant de porosité 2.
- Laver avec 25 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,3 N) puis avec 3 portions de 50 ml d'eau distillée, ensuite 25 ml d'éthanol et enfin 25 ml d'acétone.
- Sécher le creuset à l'étuve à 130 °C pendant 2 h.
- Laisser refroidir au dessiccateur et peser.
- Porter au four à moufle et incinérer à 400 °C pendant 2 h.
- Laisser refroidir à nouveau au dessiccateur et peser (**Zidani, 2019**).

- **Expression des résultats**

- Le résultat est exprimé comme suit :

$$\text{Fibres\%} = \frac{M_1 - M_2}{M} \times 100 \quad (3)$$

Soit :

**M<sub>1</sub> (g)** : masse du creuset + matière après séchage à l'étuve.

**M<sub>2</sub> (g)** : masse du creuset + matière après incinération au four.

**M (g)** : masse de l'échantillon.

#### 4.3.2.6. Détermination de la teneur en protéines

- **Principe**

Le dosage des protéines par la méthode de Kjeldahl est réalisé par la détermination de l'azote total selon la méthode N.F. V03-050 (**Afnor,1991**).

L'azote total est dosé après l'incinération, ce dosage est basé sur la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique en présence d'un



catalyseur, et dosé après le déplacement en milieu alcalin et distillation sous forme d'ammonium (Saadoudi, 2019). La teneur en protéines est déterminée à partir du taux de l'azote total multiplié par le coefficient de conversion de l'azote total en protéines (Afnor, 1991).

- **Mode d'opérateur**

Avant de procéder au dosage de l'azote total, l'échantillon doit subir une minéralisation.

- **Minéralisation**

- Introduire dans un matras de minéralisation 2 g de l'échantillon.
- Ajouter une pincée (0,7 g) d'oxyde de mercureux et 15 g de sulfate de potassium.
- Ajouter 25 ml d'acide sulfurique concentré.
- Ajouter un morceau de paraffine pour éviter le phénomène de barbotage.
- Utiliser un chauffage progressif, d'abord une attaque à froid pendant 15 minutes jusqu'à l'apparition de vapeur blanche d'anhydride sulfurique, puis le chauffage est rendu plus énergique (attaque à chaud) pendant 4 à 5 heures.
- Après décoloration complète, la solution est refroidie à 25 °C par l'ajout de 200 ml d'eau distillée.

- **Distillation**

- Ajouter 75 ml de la solution de soude minéralisée ensuite distiller.
- Le dégagement d'ammonium est récupéré dans 50 ml de solution d'acide borique contenant l'indicateur coloré.
- Arrêter la distillation après avoir récupéré 150 ml du distillat (volume total environ 200 ml).
- Doser l'excès d'ammonium par l'acide chlorhydrique à 0,1 N.

- **Expression des résultats**

- La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante :

$$N\% = \frac{1.4007 \times (V_e - V_b) \times N}{m} \times 100 \quad (4)$$

Soit :

**V<sub>e</sub> (ml)** : Volume d'acide chlorhydrique utilisé pour le titrage de l'échantillon.

**V<sub>b</sub> (ml)** : Volume d'acide chlorhydrique utilisé pour le titrage de témoin.

**N** : normalité de la solution d'acide chlorhydrique (0,1 N).

**M (g)** : masse en g de la prise d'essai.

- La teneur en protéine est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Protéine (\%)} = N (\%) \times 6,25 \quad (5)$$

Soit :

**6,25** : Facteur de conversion c'est le taux moyen d'azote des protéines (16 g d'N/100g de protéines).

**N (%)** : Pourcentage d'azote total (Saadoudi, 2019).

#### 4.3.2.7. Détermination du taux de lipides (AFNOR T90- 501 et T 90-506)

- **Principe**

Le taux de matières grasses des échantillons a été déterminé par extraction au Soxhlet selon la norme internationale « ISO-659, 1998 ». L'extraction est faite à chaud (à ébullition) par trempage suivi de rinçage de l'échantillon à l'hexane. La teneur en lipides est déterminée par pesée après évaporation de l'hexane par distillation.

- **Mode d'opérateur**

- Sécher un ballon de 500ml à 150°C pendant 1h, refroidi au dessiccateur pendant 30min, puis pesé à une précision de 0,001 g.
- Peser 10g de produit dans la cartouche du Soxhlet et placés à l'intérieure de l'extracteur.
- Versés 200ml d'éther du pétrole dans le ballon et 50ml dans le compartiment et cartouche.
- Le ballon est ensuite chauffé pendant 7h et 50ml (20 siphonages par heure) jusqu'à épuisement de la matière grasse.
- Le solvant est éliminé du ballon par distillation.
- Le résidu du ballon est séché dans une étuve à 80°C, après refroidissement au dessiccateur pendant 30min.

- Le ballon contenant les lipides est pesé à 0,001g près.

- **Expression des résultats**

- Le taux de la matière grasse est calculé par la formule suivante :

$$MG\% = \frac{P1 - P2}{ME \times 100} \quad (6)$$

Soit :

**P<sub>2</sub>** : poids du ballon vide (g).

**P<sub>1</sub>** : poids du ballon après évaporation(g).

**M<sub>E</sub>** : masse de la prise d'essai(g).

**MG** : taux de la matière grasse (%).

**100** : pour exprimer le pourcentage.

#### 4.3.2.8. Détermination du taux en sucre totaux (Méthode Dubois)

- **Principe**

Les sucres totaux sont d'abord extraits avec l'eau distillée. Ils forment une coloration jaune-orange avec le phénol et l'acide sulfurique dont l'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration des sucres.

- **Mode d'opérateur**

- Extraire les sucres de dattes comme suit : 10g de l'échantillon dans 100ml d'eau distillé.
- Introduire dans des tubes à essais 2ml d'extrait des dattes.
- Ajouter à la gamme étalon et les tubes à essais : 0.05ml d'une solution de phénol à 80% et de 3ml d'acide sulfurique concentré.
- Agiter lentement et légèrement.
- Laisser la réaction se faire pendant 10min à une température 25 à 30 C° (apparition de couleur jaune-rouge) puis stopper la réaction par un courant d'eau froide.

- **Expression des résultats**

- La lecture de l'absorbance est faite à 490min.

### 4.3.3. Optimisation de la formulation des biscuits par la Méthodologie des surfaces de réponses

La méthode des surfaces de réponses est un ensemble de technique mathématiques qui se base sur la conception expérimentale pour déterminer la portée des variables d'entrée indépendantes. Cette méthode permet, grâce à des modèles mathématiques empiriques, de déterminer une relation d'approximation entre les réponses de sortie et le variables d'entrée pour optimiser les paramètres du procédé afin d'atteindre des réponses souhaitables. Dans cette méthode, la réponse peut s'écrire sous la forme suivante :

$$y = f(X_1, X_2, X_3 \dots \dots \dots X_k) + \varepsilon$$

Où  $f$  est la fonction-réponse qui dépend des variables aléatoires  $x_i$  indépendantes ;  $\varepsilon$  est un terme qui représente d'autres sources de variabilité.

La méthodologie des surfaces de réponses a été appliquée dans la formulation des biscuits afin d'étudier l'effet des principaux constituants (rapport entre la farine de blé complet et la farine de dattes, teneurs en matière grasse et en sucre) et l'évolution de leurs niveaux sur l'acceptabilité sensorielle des biscuits formulés (-1, 0, +1) en utilisant le plan Box Behnken (Box Behnken Design). Les niveaux des différentes variables sont présentés dans le **Tableau 16**.

**Tableau 16:** Niveaux des trois variables indépendantes utilisées pour la formulation des différents biscuits.

Variables indépendantes	Variables codées et non codées			
	Symbole	- 1	0	+1
Rapport farine complète et farine de dattes (%)	$X_1$	96 :4	92 :8	88 :12
Teneur en matière grasse (%)	$X_2$	30	35	40
Teneur en sucre (%)	$X_3$	28	32	36

Le logiciel Statistica version 10 a généré un plan d'expérience Box Behnken de 15 combinaisons (**Tableau 17**).

**Tableau 17:** Essais de formulation des biscuits selon le plan expérimental de Box-Behnken.

Formulations	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	-1	0	-1
2	0	-1	-1
3	1	1	0
4	0	-1	1
5	1	0	1
6	-1	-1	0
7	-1	0	1
8	0	0	0
9	0	1	1
10	1	-1	0
11	0	0	0
12	-1	1	0
13	1	0	-1
14	0	0	0
15	0	1	-1

#### 4.3.4. Formulation du biscuit

L'objectif principal de ce travail consiste à déterminer la meilleure formule du biscuit par l'étude des effets de ses différents ingrédients influençant sa qualité organoleptique.

Le biscuit de référence (témoin) de type « Petit beurre » a été obtenu en utilisant les ingrédients indiqués dans le **Tableau 18**.

**Tableau 18:** Proportions des différents ingrédients utilisés dans la préparation du biscuit témoin.

Ingrédients	Quantité de matières premières (g)	Pourcentage* (% (poids/poids))
Farine complète de blé tendre	250	100
Matière grasse	100	40
Sucre	100	40
L'eau	4 cl	4
Levure chimique	4	1.6
Sel (NaCl)	1	0.4

\*Le pourcentage de chaque ingrédient est basé sur le poids total de farine.

Le protocole expérimental suivi pour la formulation du biscuit est présenté dans la **Figure 14**.

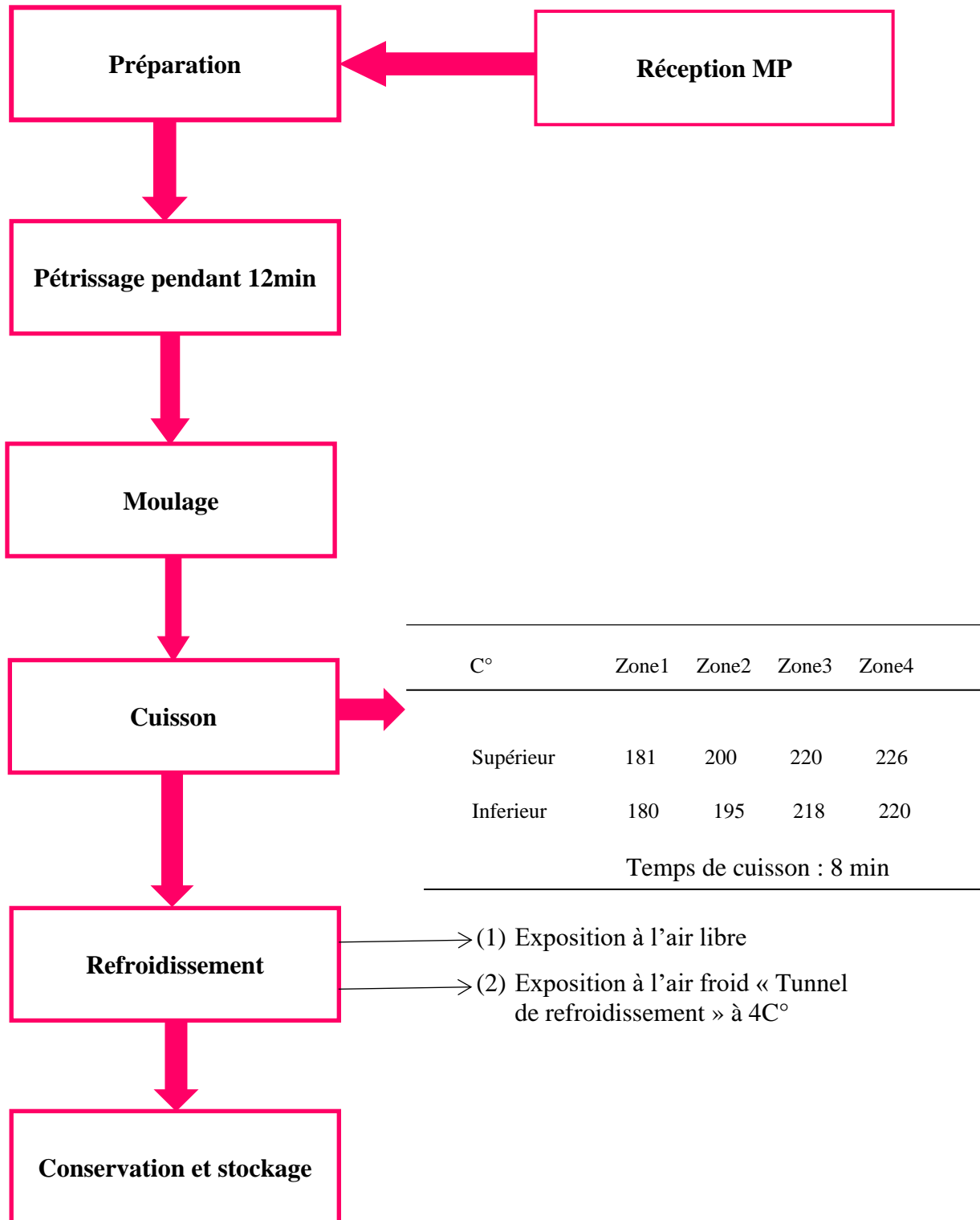


Figure 14: Diagramme de fabrication des biscuits.

### 4.3.5. Evaluation sensorielle

L'analyse sensorielle a été réalisée pour les 16 préparations tout en respectant le même nombre d'échantillon par sujet, le même mode de présentation, et la même épreuve d'analyse.

#### 4.3.5.1. Sujets

Les sujets qui ont formé le panel pour l'évaluation sensorielle de nos échantillons sont au nombre de 50 dégustateurs que l'on peut qualifier « naïfs » comme il a été montré **Afnor** dans sa définition « une personne non entraînée consommant un produit ou susceptible de le consommer ». Ce sont des fonctionnaires et des membres de nos familles. Les dégustateurs sont âgés de 18 ans à 47 ans et tous motivés pour participer au test et répondre aux questions.

#### 4.3.5.2. Épreuve et descripteur sensoriels

L'épreuve qui a été utilisé pour l'analyse sensorielle des produits est celle des tests hédoniques décrite par **Watts et al., (1989)**.

Le test d'acceptabilité des biscuits est un test hédonique qui consiste à donner simultanément et dans un ordre aléatoire les différents échantillons codés à chaque dégustateur. On se sert d'échelles de catégories allant de « aime beaucoup » à « n'aime pas du tout » en passant par un nombre variable de catégories intermédiaires. Les dégustateurs choisissent, pour chaque échantillon, la catégorie qui correspond à leur degré d'appréciation.

#### 4.3.5.3. Mode de présentation des échantillons

Les échantillons sont présentés dans des contenants identiques (sachets de conservation), et dans des conditions homogènes : même dimension, et même quantité du produit, codés par l'attribution d'un chiffre pour chaque échantillon (ce chiffre correspond au numéro de la combinaison qui est mentionné dans le **Tableau 17**).

Les échantillons sont présentés simultanément, car cela facilite l'administration du test et permet aux dégustateurs de réévaluer les échantillons s'ils le souhaitent et de faire des comparaisons entre eux.

Le panel d'analyse sensorielle est présenté dans l'**Annexe 2**.

Pour neutraliser les impressions gustatives, il est nécessaire qu'un verre d'eau soit donné aux dégustateurs pour se rincer la bouche entre les évaluations.



#### 4.3.5.4. Analyses des données

Aux fins de l'analyse des données, les catégories sont converties en notations numériques - 1 et 0, où 1 correspond au « n'aime pas du tout », « aime un peu », et « aime beaucoup ». On a calculé les pourcentages d'appréciation par rapport au total des points.

Les notations de chaque échantillon sont présentées sous forme de tableaux et analysées au moyen de la méthode des surfaces de réponse pour déterminer s'il y a des différences significatives dans le degré d'appréciation moyen entre les échantillons.

#### 4.3.6. Analyses physico-chimiques du meilleur biscuit formulé

Les prélèvements des biscuits sont effectués à la sortie de la chaîne de fabrication.

##### 4.3.6.1. Détermination des caractéristiques physiques

- **La perte de poids (PP)** des biscuits au cours de la cuisson a été calculée selon **Agrahar-Murugkar et al., (2015)** :

$$PP\% = \frac{\text{masse de pate} - \text{masse de biscuit}}{\text{masse de pate}} \times 100 \quad (7)$$

- **Le diamètre (D)** des biscuits a été mesuré par la pose de dix biscuits bord à bord à l'aide d'un pied à coulis. Le même ensemble de biscuits a été tourné 90 et le diamètre a été réévaluée. Les valeurs moyennes de ces biscuits sont indiquées en millimètres (mm).

- **L'épaisseur (E)** de biscuits a été mesurée par l'empilement de dix biscuits sur le dessus les uns des autres et en prenant la moyenne de dix biscuits en millimètre. Le taux de propagation été calculé selon **Youssef et Moussa, (2012)** en utilisant l'équation suivante :

$$RP = \frac{D}{E} \quad (8)$$

##### 4.3.6.2. Caractérisations physico-chimiques de biscuit

Les mêmes protocoles utilisés dans la caractérisation physico-chimique de la farine de dattes sont utilisés pour déterminer la teneur en eau ; en cendres ; en fibres ; en pH ; en protéines ; en lipides et en glucides.

**4.3.6.2.1. Le calcul de la valeur énergétique**

Les valeurs de l'énergie métabolisable des échantillons de biscuits ont été calculées en multipliant le taux de protéines par 4 (Kcal/g), celui des lipides par 9 (Kcal/g) et celui des glucides totaux par 4 Kcal/g.

Chapitre

---

5

**RÉSULTATS ET DISCUSSION**

## Chapitre 5 : Résultats et discussion

### 5.1. Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières

#### 5.1.1. Caractérisation physique de la farine de datte

Les caractéristiques physiques de la farine de dattes sont présentées dans le **Tableau 19**.

**Tableau 19:** Caractéristiques physiques de la farine de dattes.

Critère	Degla-Baidha
Couleur	Blanchâtre, légèrement pigmentée
Aspet	Très fin et régulier
Saveur	Sucrée, avec une saveur agréable caractéristique des dattes, c'est une farine naturellement aromatisée apte à être utilisée en biscuiterie
Diamètre	0.1mm à 0.2mm

Les propriétés physiques de la poudre de datte sont des critères très importants pour la qualité du produit fini. En effet, les caractéristiques observées sont semblables à celles trouvées par **Benchikh et Djar, (2012)**. La couleur est un signe de pureté, elle est un attribut de la qualité des produits alimentaires, la poudre de dattes à une couleur blanche ce qui donnera une belle coloration à la surface de biscuit. La saveur et l'odeur sont des caractéristiques propres à la farine, qui laissent un goût de froment en bouche. Par ailleurs si la farine est altérée, elle possède alors un goût amer, âcre et rance. Le diamètre de farine peut avoir une influence sur son pouvoir d'absorption et donc sur son rendement. De façon générale, une farine granuleuse est dite « ronde » et farine fine est dite « plate ». La dimension des particules de notre poudre de dattes est comparable avec celle évoquée par **Adiba et al., (2010)**, une valeur de 18,25µm. Nous pouvons dire que le diamètre obtenu est un signe d'homogénéité de la poudre de dattes utilisée dans la formulation des biscuits fonctionnels.

Le **Tableau 20** représente les résultats des analyses physico-chimiques de la farine de dattes.

**Tableau 20:** Les résultats des analyses physico-chimiques de la farine de dattes.

Critères d'analyse	Résultats %
<b>Humidité</b>	3.48±0.04
<b>Cendres</b>	1.99±0.08
<b>pH</b>	5.05±0.016
<b>Acidité titrable</b>	0.21±0.02
<b>Fibres</b>	6.97±0.4
<b>Protéines</b>	3.65±0.046
<b>Lipides</b>	5.89±0.077
<b>Sucres totaux</b>	77.91±0.13

- **Teneur en eau (H%)**

Généralement afin de garantir une meilleure conservation des poudres alimentaires, il est préconisé d'avoir une faible teneur en eau. D'après les résultats obtenus, le taux d'humidité est égal à 3.48%. Ce résultat est très faible, ce qui confirme que la variété étudiée (Degla-Baidha) est une variété sèche. La valeur obtenue après l'analyse de la poudre de datte est proche à celle trouvés par **Amany et al., (2012)** qui ont déclaré que la graine de datte était composée de 3,10-7,10 % d'humidité. Les résultats obtenus sont en accord avec ceux trouvés par **Noui, Chibane et al., (2007)**.

- **Teneur en cendres**

Le taux de cendres représente les résidus inorganiques restant après incinération de la matière organique dans la poudre. La valeur trouvée est 1.99% du poids sec. Ce résultat explique la richesse de la variété étudiée en éléments minéraux. De nombreux auteurs dont **Munier, (1973) ; Favier et al., (1993)**, affirment que les dattes peuvent être considérées comme les fruits les plus riches en éléments minéraux. Selon **Amir Azodi et al., (2014), Amany et al., (2012), Chibane et al., (2007), Besbes et al., (2009)**, les dattes se composait de 1,35%,1,80%, 2%, et 1,98% de cendres respectivement ; ces valeurs sont proches à celle que nous avons trouvés. Cette valeur peut se varier en raison de la variabilité des cultivars étudiés ainsi que les conditions climatiques (**Saafi et al., 2008**).

- **pH**

Le pH est un paramètre déterminant l'aptitude à la conservation des aliments. Dans notre étude le pH trouvé est de 5,05, ce résultat est exprimé que la variété sèche présente un pH légèrement acide par rapport à la variété molle. La valeur obtenue est légèrement inférieure par rapport à celle données par **Djerbi, (1991)**, **Soltani, (2007)**, **Lecheb Benamara, (2011)** avec des valeurs de 5,39 et 5,56 respectivement. Généralement, le pH des dattes varie suivant les stades de développement physiologiques.

Selon les analyses effectuées sur les dattes communes par **Acourene et al., (2002)**, une datte de bonne qualité a un pH avoisinant 6 et pour une mauvaise qualité, le pH est inférieur à 5. En effet, un pH acide favorise une bonne conservation en limitant le développement et la croissance des microorganismes.

- **Acidité titrable**

L'acidité titrable renseigne sur l'état physique du fruit, notons qu'une forte acidité est souvent associée à une mauvaise qualité de datte (**Benahmed Djilali, 2012**). La farine étudiée présente une acidité de 0.21 g acide citrique /100g MF. Cette valeur est confirmée que les variétés sèches comme Degla-Baidha ont des faibles teneurs en acidité titrable. Ce résultat est légèrement proche à celles rapportées par **Amellal et Messaid, (2008)** avec des valeurs de 0.24%, 0.21%. Notre résultat reste largement inférieur avec ceux trouvés par **Al-Farsi, (2007)** qui ont trouvées des valeurs s'étendant de 1,9 à 2,7%.

En général, les acides organiques sont des intermédiaires des processus métaboliques. Ils influencent la croissance des microorganismes et affectent la qualité de conservation des produits, et sont directement impliqués dans la croissance et la maturation des dattes (**Al farsi et al., 2005**).

- **Teneur en fibres**

Comme tous les fruits, la datte renferme une bonne source de fibres alimentaires (**Al-Farsi et Lee, 2011**), la teneur en fibres obtenue est de 6.9g par 100g. Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par **Al-Harrasi et al., (2015)**, **Mrabet et al., (2016)**, **Samad et al., (2016)** et **Al-Alawi et al., (2017)**, qui ont trouvées des valeurs varie entre 6.7 et 7.5.

Les effets bénéfiques des fibres alimentaires comprennent la prévention contre l'hypertension, cancers et troubles intestinaux (**Al Farsi et Lee, 2011 ; Hejri Zarifi et al., 2012**).

### ▪ Protéines

Le taux de protéines est estimé dans notre poudre à 3.65%, nous remarquons que ce résultat est un peu supérieur, c'est à cause de type de la variété, parce que généralement, la teneur en protéines des dattes est quasiment faible. Cette valeur est comparable à ceux estimés par **Amany et al., (2012)**, **Abdul Afiq et al., (2013)**, qui ont enregistré des valeurs comprises entre 2.30-6.40% et 1.5-3% respectivement, aussi **Imad et al., (1995)**, qui ont fait des recherches sur des différentes variétés de dattes, et ont obtenu une teneur supérieure par rapport à celle trouvé déjà, sont des teneurs comprises entre 0,19-0,3% du poids sec.

Selon de nombreux auteurs **Booij et al., (1993)** ; **Reyes et al., (1994)** ; **Ahmad et al., (1995)**, les protéines des dattes sont qualitativement bien équilibrées car leur composition correspond à celle dont l'organisme a besoin.

### ▪ Lipides

D'après les résultats obtenus, on constate que notre poudre de datte est riche en lipides 5.89%, et cette teneur est en accord et proche avec **Saafi et al., (2008)**, **Besbes et al., (2004a)**, avec des teneurs de 8.33% et 5.17%. D'autres auteurs dont **Al-Hooti et al., (1997)** et **Chaira et al., (2007)**, ont enregistré des valeurs comprises entre 0.19 et 0.2%, ce résultat semble inférieur à celle que nous avons trouvé.

**Abdul Afiq et al., (2013)** ont rapporté que la teneur en matières grasses dans les dattes dépendait de la variété, de l'origine, de la récolte, temps et engrais, conservation qui provoque une altération des lipides par l'oxydation, hydrolyse...etc.

### ▪ Sucres totaux

Selon les résultats décrits dans le **Tableau 20**, nous remarquons que la datte renferme une teneur de 77.91%, ce résultat confirme que les sucres représentent le constituant prédominant de cette variété, et responsable de la douceur de l'aliment. Cette teneur se rapproche à celles obtenus par plusieurs auteurs qui ont rapporté des teneurs assez proches, tels que (**Boutaida, 2001**) 79.75%, (**Hamada et al., 2002**) 71,9% - 73,4%, (**Al Dhaheri et al., 2004**) 71,5% et (**Rahman et al., 2007**) 62,31%, (**El-Sharnouby et al., 2012**) 75%.

De nombreux auteurs, signalent que les sucres des dattes varient en fonction de la variété considérée, du climat et du stade de maturation. Cette variation peut aussi être expliquée par la méthode utilisée, ainsi que les appareils de mesure et leur degré de précision.

## 5.2. Optimisation de la qualité des biscuits formulés par la méthodologie des surfaces de réponse

Dans ce travail, l'analyse par la Méthodologie des Surfaces de Réponses (MSR) a été réalisée en utilisant le plan de Box Behnken pour estimer les principaux effets des variables indépendantes (rapport farine complète/ farine de dattes, teneur en matière grasse, teneur en sucre) sur le procédé de formulation des biscuits.

### 5.2.1. L'analyse statistique

Le logiciel Statistica Version 10 a été utilisé pour déterminer les effets des différentes variables sur la qualité organoleptique du biscuit fonctionnel et de déterminer les coefficients de régression effectués par l'analyse de la variance (ANOVA) en traçant des surfaces de réponses à un niveau de signification  $P < 0.05$  (Onacik-Gür et al., 2015).

Le comportement des surfaces de réponse a été expliqué par un modèle polynomial complet de second ordre selon l'équation :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3$$

Avec :

Y : L'acceptabilité des biscuits formulés sur le plan sensoriel.

X<sub>1</sub> : Rapport farine complète/ farine de dattes.

X<sub>2</sub> : Teneur en matière grasse.

X<sub>3</sub> : Teneur en sucre.

β<sub>0</sub>: Constante polynomiale qui exprime l'effet moyen général.

β<sub>1</sub>, β<sub>2</sub>, β<sub>3</sub>: Coefficients des effets linéaires.

β<sub>11</sub>, β<sub>22</sub>, β<sub>33</sub>: Coefficients des effets quadratiques.

β<sub>12</sub>, β<sub>13</sub>, β<sub>23</sub>: Coefficients des effets d'interaction.

### 5.2.2. L'analyse sensorielle

D'après les résultats présentés au niveau de l'Annexe N°3 représentant des Histogrammes relatifs à l'analyse sensorielle des biscuits formulés. Les combinaisons entre les niveaux des variables indépendantes proposées par le plan expérimental nous ont permis de déterminer la réponse (acceptabilité sensorielle totale) présentée dans le **Tableau 21**.



**Tableau 21:** Les conditions expérimentales et la réponse obtenue par la MSR.

Essai	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y
1	-1	0	-1	53,59
2	0	-1	-1	42,57
3	1	1	0	73,86
4	0	-1	1	44,57
5	1	0	1	56,57
6	-1	-1	0	55,16
7	-1	0	1	51,57
8	0	0	0	70,43
9	0	1	1	64,57
10	1	-1	0	42,57
11	0	0	0	69,29
12	-1	1	0	60,14
13	1	0	-1	57,86
14	0	0	0	70,86
15	0	1	-1	80,86

**X1:** Rapport FBC/FD

**X2:** Teneur en MG (%)

**X3:** Teneur en Sucre (%)

**Y :** Acceptation totale des biscuits formulés par le jury de dégustation exprimée en %.

### 5.2.3. Interprétation des résultats par la Méthodologie de Surfaces de Réponses

Les résultats des différentes combinaisons du biscuit fonctionnel sont interprétés par la Méthodologie des Surfaces de Réponse.

Une analyse de la variance a été effectuée afin de déterminer les effets significatifs des variables indépendantes du procédé de formulation sur chaque réponse.

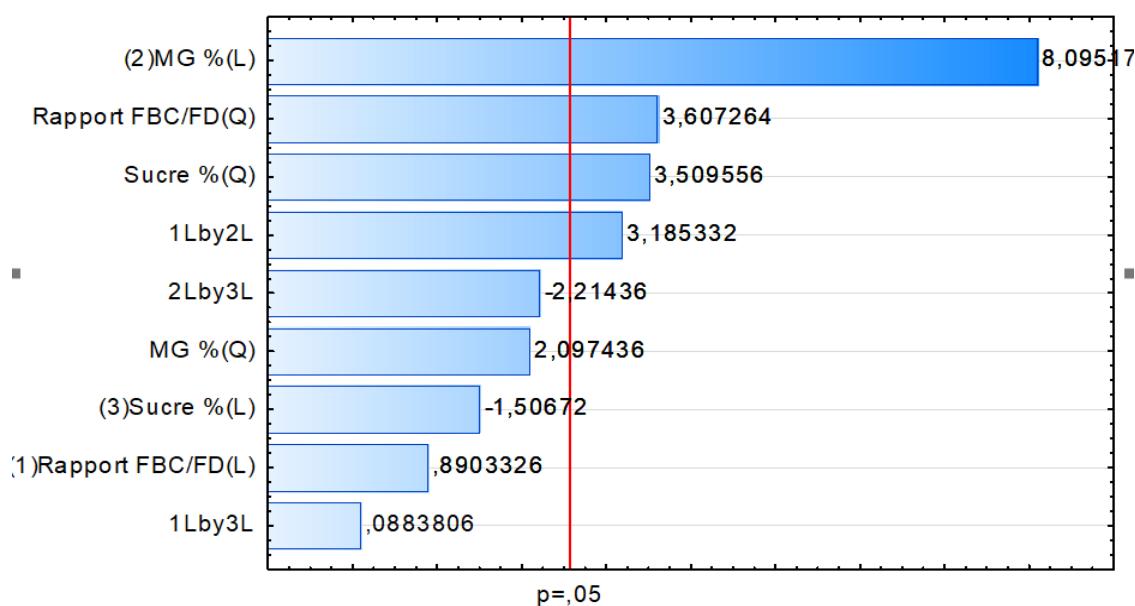
#### 5.2.3.1. Analyse de screening

Afin d'étudier au préalable les influences réelles des trois facteurs vis-à-vis des variations de la réponse il est utile d'effectuer une analyse par un screening.

Le diagramme de Pareto permet de fixer une limite entre les facteurs qui ont une influence et ceux qui n'ont pas. Pour notre étude, la limite est fixée à  $P= 0.05$ .

La **Figure 15** présente le diagramme de Pareto de l'acceptabilité sensorielle totale du biscuit formulé. Le diagramme de Pareto montre que le facteur matière grasse en linéaire, le rapport de farine complète / farine de dattes en quadratique, et le facteur sucre en quadratique, ainsi que l'interaction entre les facteurs farine complète/ farine des dattes et matière grasse ont un effet significatif sur la réponse acceptabilité totale, le diagramme indique également que le facteur matière grasse en linéaire a le plus d'effet avec une valeur absolue de t respectivement égale à 8.09. Les facteurs matière grasse en quadratique et sucre en linéaire ainsi que les autres interactions n'ont pas d'effet significatif.

#### i. Le diagramme de Pareto pour l'acceptabilité sensorielle totale



**Figure 15:** Diagramme de Pareto pour l'acceptabilité sensorielle totale.

### 5.2.3.2. Analyse de la variance

L'analyse de la variance étudie l'ajustement des modèles polynomiaux des données expérimentales ainsi que la signification statistique des effets linéaires, quadratiques, et interactifs des facteurs sur chaque réponse.

L'évaluation sensorielle des produits ont été analysés statistiquement par analyse de variance (ANOVA) selon la méthode de (SAS Programme, 1998).

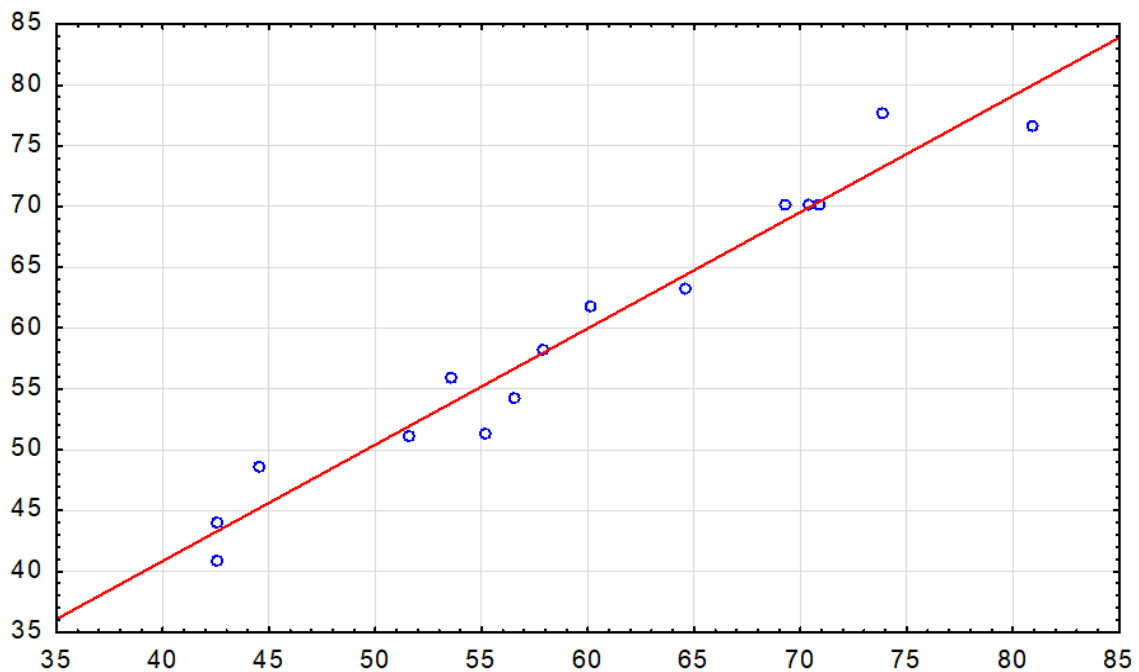
**Tableau 22:** Analyse de la variation (ANOVA) pour les surfaces de réponses quadratiques modèles pour l'acceptabilité sensorielle totale, lors de l'évaluation de qualité des biscuits formulés à partir de différents ingrédients.

Facteur	SS	df	MS	F	P
<b>(1) Rapport DBC/FD L+Q</b>	235.456	2	117.7281	6.90252	0.036453
<b>(2) MG% L+Q</b>	1192.732	2	596.3659	34.96557	0.001150
<b>(3) Sucre % L+Q</b>	248.796	2	124.3980	7.29359	0.032923
<b>1*2</b>	173.054	1	173.0540	10.14634	0.024392
<b>1*3</b>	0.133	1	0.1332	0.00781	0.933005
<b>2*3</b>	83.631	1	83.6310	4.90338	0.077678
<b>Erreur</b>	85.279	5	17.0558		
<b>Total SS</b>	1956.751	14			

Le coefficient de détermination  $R^2$  obtenu pour l'acceptabilité totale est respectivement de **0.73**. Cette valeur est acceptable et montre qu'environ 82% des données expérimentales sont compatibles avec les données prédites par le modèle. Alors que 18% des variations ne sont pas expliquées par le modèle. (Tableau 23 ; Figure 16).

**Tableau 23:** Résultats de coefficient de détermination et de coefficient de détermination ajusté de la réponse

	Acceptabilité sensorielle totale
$R^2$	0.73
$R^2$ ajusté	0.58

**Figure 16:** Courbe de variations des valeurs prédites en fonction des valeurs expérimentales de la réponse.

### 5.2.3.3. Modélisation statistique de la formulation

L'estimation de la surface de réponse pour chaque facteur permet de déterminer une relation entre les variables d'entrée et les réponses.

Le signe et l'amplitude des coefficients précisent les effets des variables sur la réponse.

Le signe négatif du coefficient signifie que la réponse diminue lorsque la variable augmente, tandis que le signe positif indique une augmentation de la réponse.

Pour l'interaction positive le niveau de l'une des variables interactives pourrait augmenter pendant que l'autre diminue afin d'aboutir à une valeur constante de la réponse.

Les effets quadratiques indiquent que dans un premier temps, la valeur attribuée à la variable de réponse augmente de manière significative (jusqu'à un point maximal) à mesure

que la variable augmente. Dans un deuxième temps, après un point de réponse maximale, l'effet de l'augmentation de la variable devient négatif.

**i. Modélisation de la réponse acceptabilité sensorielle totale**

**Tableau 24:** Analyse de la variance et des facteurs statistiques du modèle d'acceptabilité totale.

Facteur	Coefficient de régression	t-valeur	p-valeur	Modèle
Mean	70.19333	29.43882	0.000001	<b>Acceptabilité totale</b> $= 50.19 + 1.30 X_1 + 11.82 X_2 - 2.20 X_3 - 7,75 X_1^2 - 4.50 X_2^2 - 7.54 X_3^2 + 6.57 X_1 X_2 + 0.18 X_1 X_3 - 4.57 X_2 X_3.$
Rapport FBC/FD (X <sub>1</sub> ) (L)	1.30000	0.89033	0.414070	
MG % (X <sub>2</sub> ) (L)	11.82000	8.09518	0.000466	
Sucre% (X <sub>3</sub> ) (L)	-2.20000	-1.50672	0.192238	
X <sub>1</sub> <sup>2</sup> (Q)	-7.75292	-3.60726	0.015425	
X <sub>2</sub> <sup>2</sup> (Q)	-4.50792	-2.09744	0.090046	
X <sub>3</sub> <sup>2</sup> (Q)	-7.54292	-3.50956	0.017109	
X <sub>1</sub> × X <sub>2</sub>	6.57750	3.18533	0.024392	
X <sub>1</sub> × X <sub>3</sub>	0.18250	0.08838	0.933005	
X <sub>2</sub> × X <sub>3</sub>	-4.57250	-2.21436	0.077678	

La MSR permet d'évaluer l'effet linéaire (L), l'effet quadratique (Q) et l'effet d'interaction (1L × 2L, 1L × 3L, 2L × 3L) des variables indépendantes sur la réponse.

Les résultats de l'analyse de variance présentés sur le **Tableau 24** montrent que les effets linéaires du rapport farine de blé complet/ farine de dattes et de matière grasse sont significatifs effectivement les valeurs de p sont inférieures à 0.05. Les termes quadratiques de farine de blé complet/farine de dattes et de matière grasse sont également significatifs puisque les valeurs de p sont inférieures à 0.05.

Cependant le facteur matière grasse en linéaire et en quadratique a un effet hautement significatif du fait que les valeurs de p sont inférieures à 0.001.

Les autres termes du modèle ne sont pas significatifs du fait que la valeur de p est supérieure à 0.05, par conséquent il est préférable de les éliminer pour simplifier le modèle. Ces résultats obtenus correspondent avec ceux trouvés par le diagramme de Pareto.

Les coefficients de régression permettent de construire l'équation prédite par le modèle :

$$Y = 50.19 + 1.30 X_1 + 11.82 X_2 - 2.20 X_3 - 7.75 X_1^2 - 4.50 X_2^2 - 7.54 X_3^2 + 6.57 X_1 X_2 + 0.18 X_1 X_3 - 4.57 X_2 X_3$$

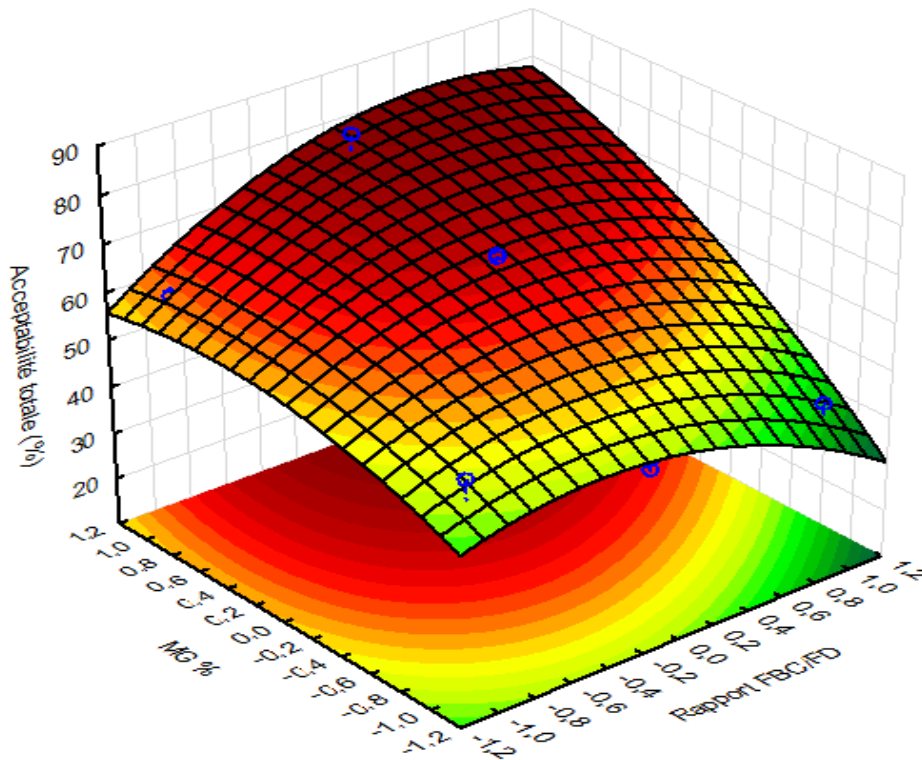
#### 5.2.3.4. Représentation graphique de l'effet des différents facteurs sur la réponse (Acceptabilité sensorielle totale)

Les diagrammes permettent de mettre en relief les effets linéaires, quadratiques et interactifs des variables indépendantes sur chaque variable dépendante. L'acceptabilité sensorielle totale est le critère le plus recherché par les consommateurs, du coup nous sommes basées sur l'optimisation de l'acceptabilité sensorielle totale du biscuit dans cette étude.

##### i. Variation de la réponse acceptabilité sensorielle totale en fonction du rapport farine de blé complet/farine de dattes et de matière grasse

La variation d'acceptabilité sensorielle totale en fonction de la farine de blé complet et farine de dattes et de matière grasse dans les limites expérimentales est représentée dans les **Figures 17 et 18**.

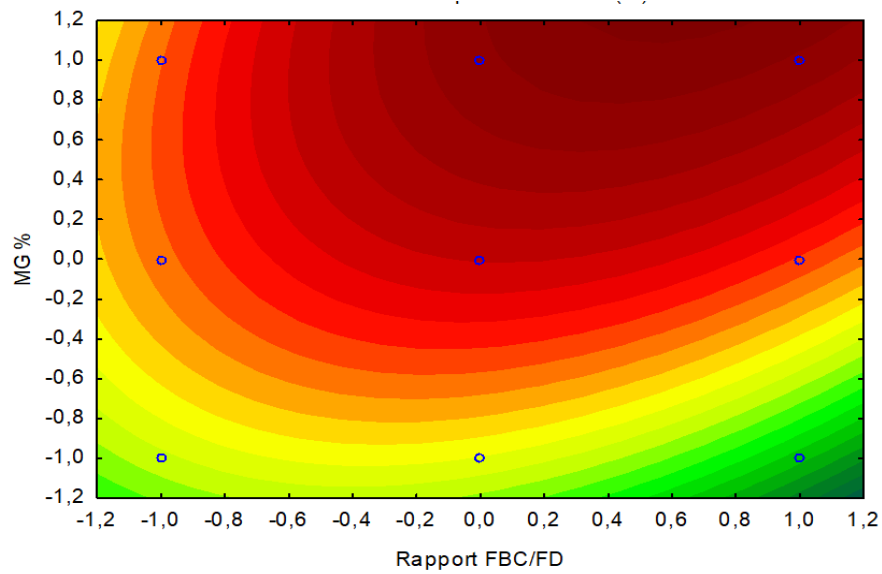
La surface de réponse présentée sur la **Figure 17** montre que l'acceptabilité sensorielle totale est influencée par le terme linéaire du rapport farine blé complet/ farine de dattes, ainsi que par la matière grasse, effectivement, la réponse augmente avec l'augmentation de ces deux variables indépendantes. Cependant il faut tenir compte de l'effet quadratique de la matière grasse, qui est significatif, cela veut dire qu'à partir certaines valeurs de ces deux ingrédients, l'effet devient indésirable. Confirmant ainsi les résultats donnés par l'analyse de la variance.



**Figure 17:** Surface de réponse de l'effet du rapport farine de blé complet et farine de dattes et de matière grasse sur l'acceptabilité sensorielle totale.

Le contour des réponses (graphique d'iso-réponses) présenté sur la **Figure 18** représente la surface de réponse perçue à deux dimensions où les points ayant la même réponse sont assemblés pour donner des lignes de contour de réponses constantes donnant ainsi des intervalles de réponses variant en fonction des conditions expérimentation. Pour l'acceptabilité sensorielle totale les valeurs qui nous intéressent sont les valeurs supérieures à 60% qui donneront un produit final de réponse acceptable.

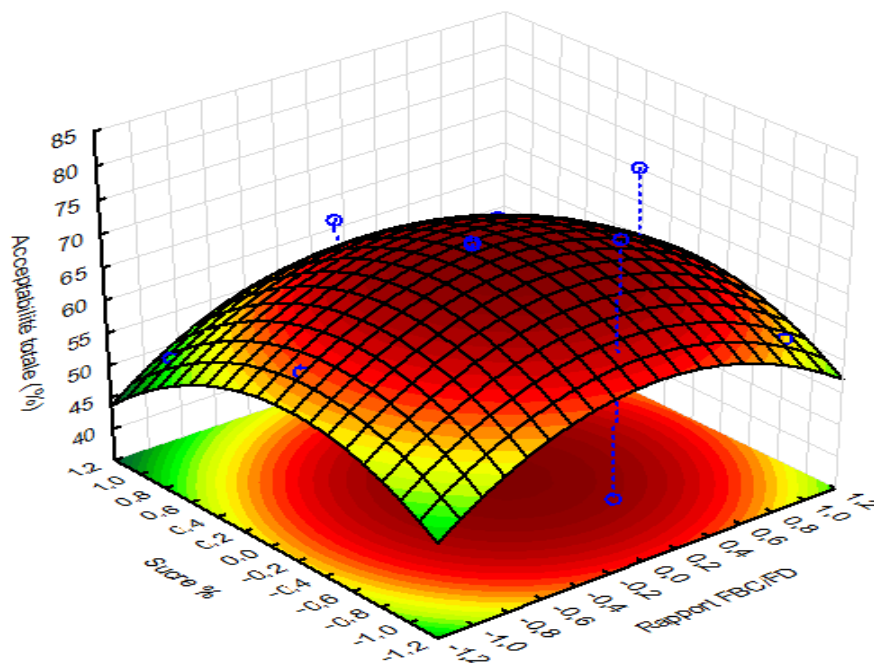
D'après la **Figures 18**, ces valeurs sont situées dans la zone rouge foncé. La meilleure réponse est obtenue pour un niveau égal à 40% de matière grasse, entre 90% et 92% de la farine blé complet correspondant à 8% et 10% de farine de dattes. À un niveau supérieur à 92% de la farine blé complet et inférieur à 8% de farine des dattes, l'effet sur l'acceptabilité sensorielle totale devient indésirable.



**Figure 18:** Tracé du contour de l'effet du rapport farine de blé complet et farine de dattes et de matière grasse sur l'acceptabilité sensorielle totale.

**ii. Variation de la réponse acceptabilité sensorielle totale en fonction du rapport farine de blé complet / farine de dattes et la teneur en sucre**

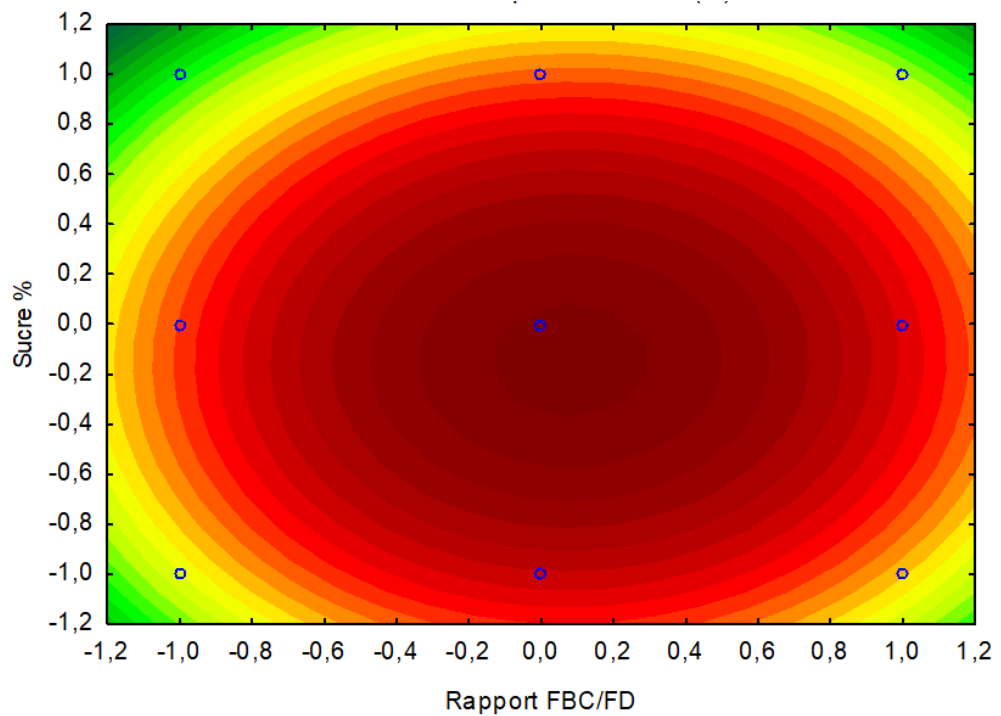
La surface de réponse présentée sur la **Figure 19** montre clairement que le quadratique du rapport farine de blé complet / farine de dattes et le linéaire du sucre ont un effet significatif sur l'acceptabilité sensorielle totale.



**Figure 19:** Surface de réponse de l'effet du rapport farine de blé complet/farine de dattes et du sucre.



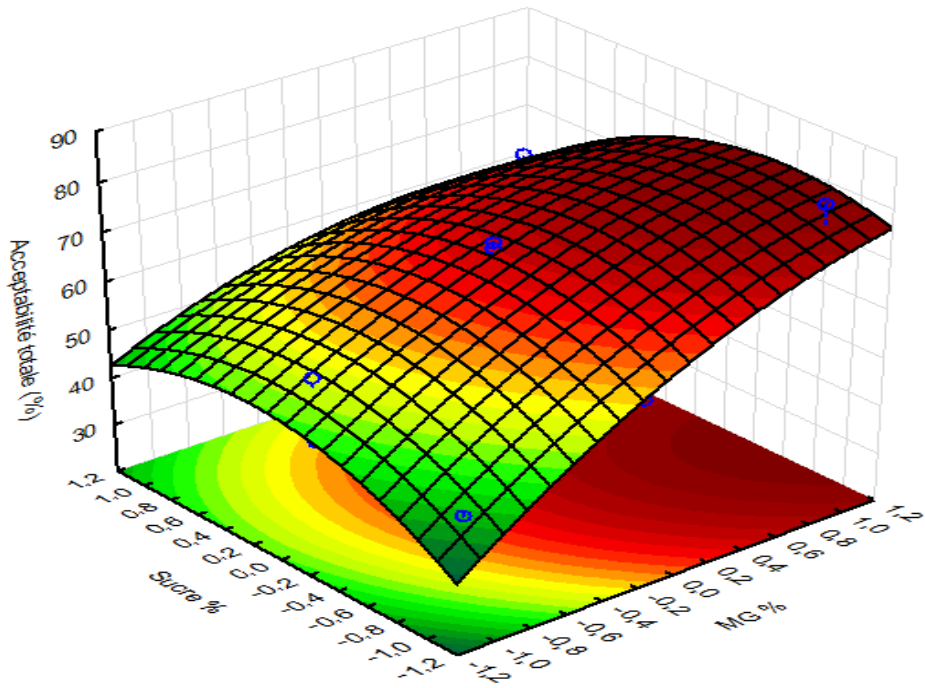
Le contour de réponse présentée sur la **Figure 20** montre qu'une meilleure acceptabilité sensorielle totale est obtenu pour des valeurs de sucre inférieur à 32%.



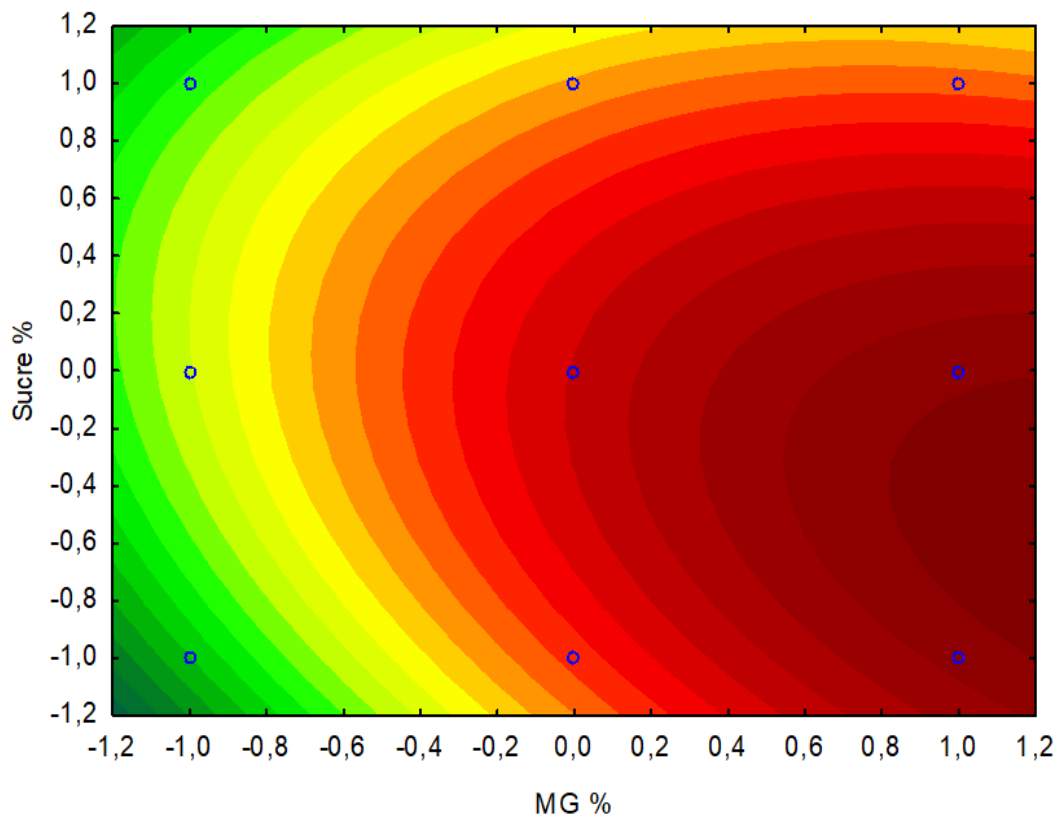
**Figure 20:** Tracé du contour de l'effet du rapport farine blé complet/farine de dattes et du sucre sur l'acceptabilité sensorielle totale.

### iii. Variation de la réponse acceptabilité totale en fonction de la matière grasse et la teneur en sucre

Les **Figures 21 et 22** montrent l'effet significatif du linéaire de la matière grasse ainsi que son quadratique, et du quadratique du sucre. Confirmant les résultats de l'analyse de la variance.



**Figure 21:** Surface de réponse de l'effet de la matière grasse et du sucre sur l'acceptabilité sensorielle totale.



**Figure 22:** Tracé du contour de l'effet de la matière grasse et du sucre sur l'acceptabilité sensorielle totale.

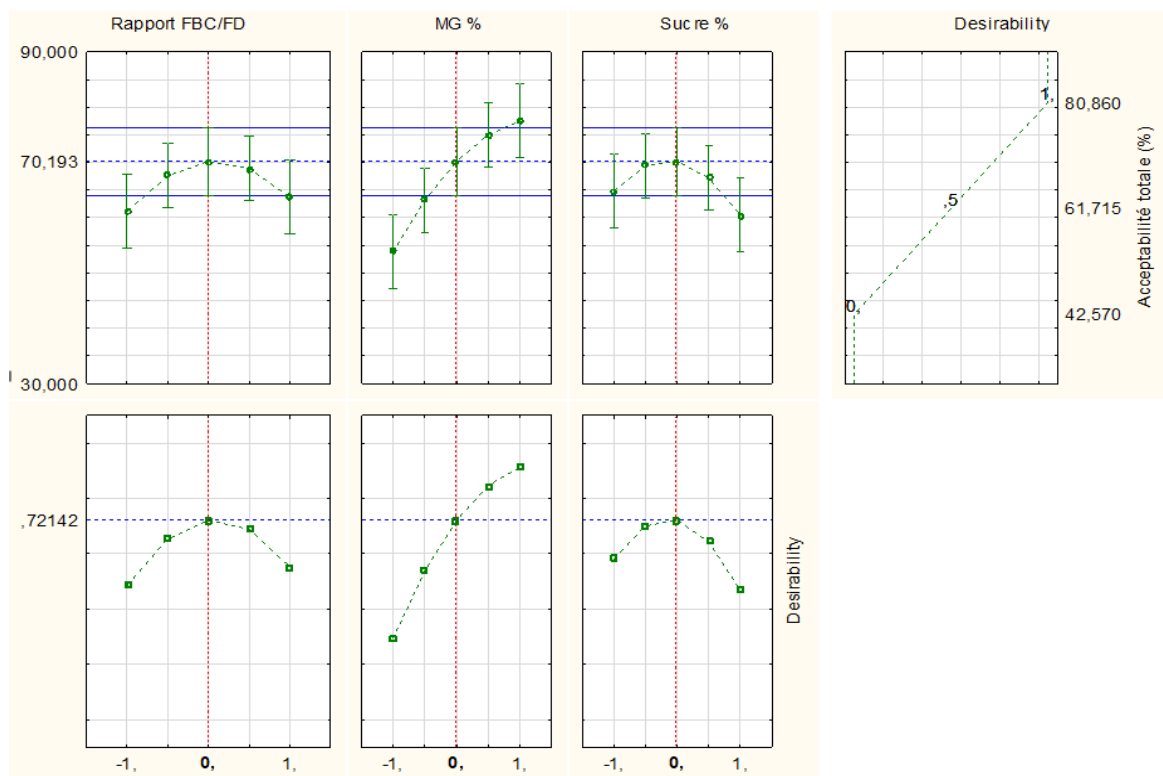
### 5.2.3.5. Optimisation de l'acceptabilité sensorielle totale des biscuits fonctionnels par la méthode de fonction de désirabilité

Dans cette étude, nous avons comme objectif de déterminer la meilleure combinaison des ingrédients de la formulation qui mènera à un meilleur biscuit ayant une réponse acceptable. Pour cela, nous avons utilisé la méthode de désirabilité qui nous permet d'optimiser les facteurs donnant un biscuit bien apprécié.

Le logiciel Statistica version 10 permet d'estimer les valeurs prédites des variables indépendantes par la désirabilité (d) ayant des valeurs allant de 0 à 1. Les valeurs sont considérées parfaites lorsque  $d=1$ , acceptables si  $d>0.7$ , et indésirables lorsque  $d=0$ .

Les résultats d'optimisation par la fonction de désirabilité présentés sur la **Figure 23** montrent que les valeurs de désirabilité proches ou supérieures à 0.7, correspondent aux niveaux entre (0.1 et 1) pour le rapport farine blé complet / farine de dattes, entre (0 et 1) pour la teneur en matière grasse, et entre (0.5 et 1) pour la teneur en sucre.

Ces résultats permettent de conclure que pour formuler un meilleur biscuit ayant une bonne acceptabilité sensorielle totale il est recommandé de prendre 40% ou plus de matière grasse, ne pas dépasser 92% de la farine blé complet, donc pas moins de 8% de farine de dattes, et utiliser une valeur du sucre inférieure à 28%.



**Figure 23:** Profil des valeurs prédites par la désirabilité.

#### 5.2.4. Résultats des analyses physico-chimiques de la pâte non cuite et du produit fini

Les analyses ont été réalisées sur le biscuit choisi par le jury de dégustation comme étant le meilleur produit formulé. Les résultats enregistrés pour les analyses physico-chimiques de la pâte non cuite élaborée et du produit fini sont présentés dans le **Tableau 25**.

**Tableau 25:** Résultats de la teneur en eau de la pâte non cuite et du produit fini.

Matière		Date d'analyse	Teneur en eau H%	Norme
Pâte non cuite	Témoin	28/02/2022	17.20%	14.6-20%
	Meilleur biscuit		14.61%	
	Témoin	22/03/2022	17.24%	
	Meilleur biscuit		14.63%	
Produit fini	Témoin	28/02/2022	2.49%	1.8- 2.5 %
	Meilleur biscuit		1.80%	
	Témoin	22/03/2022	2.51%	
	Meilleur biscuit		1.84%	

D'après les résultats figurant dans le **Tableau 24** nous avons remarqué que la teneur en eau pour les pâtes non cuites analysées a été dans la fourchette (14.6 à 20%). En fonction de leur teneur en eau les pâtes biscuitières et de pâtisseries peuvent être classées en : Pâtes dures laminées, découpées et moulées qui ont une teneur en eau faible (14.6-20%) et l'amidon est peu gélifié après la cuisson. C'est pourquoi les propriétés barrières à la vapeur d'eau sont parmi les plus importantes dans la détermination de sa durée de vie dans un emballage (**Mathlouth et Roge, 1998**).

La teneur en eau du produit élaboré est égale à la valeur de norme recommandée (2.5%) selon le journal officiel. Nous avons remarqué aussi une différence très significative entre la teneur en eau de la farine de mélange et celle du produit fini (13,67 % selon le bulletin d'analyse fournie par le fabricant à 1.84 %), ce qui est dû aux conditions de cuisson (la température de cuisson). Cette faible teneur en eau favorise une bonne conservation du produit fini. Le **Tableau 26** présente les résultats des paramètres physiques de formulation du biscuit.

**Tableau 26:** Résultats des paramètres physico-chimiques des biscuits formulés.

<b>Résultats analyses physico-chimiques</b>				
Date d'analyse	28/02/2022		28/03/2022	
	<b>Témoin</b>	<b>Meilleur biscuit</b>	<b>Témoin</b>	<b>Meilleur biscuit</b>
Poids 10 pièces avant cuisson	90.84 gr	93.20 gr	89.94 gr	96.07 gr
Poids 10 pièces biscuit	78.67 gr	79.92 gr	77.48 gr	82.93 gr
Taux d'évaporation	13.39%	14.24%	13.85%	13.67%
Epaisseur biscuits	49.81mm	42.09mm	46.30mm	44.38mm
Diamètre d'une pièce biscuit	52.96mm	54.72mm	54.90mm	52.7mm

Comparé au biscuit témoin, les biscuits incorporés sont plus denses, en raison du manque de gluten. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Canja et al., (2014)**.

Le **Tableau 27** présente l'apport énergétique (Calories) de 100 grammes de biscuit fonctionnel formulé et les nutriments (protéines, glucides, lipides cendres et fibres alimentaires) qui entrent dans sa composition.

**Tableau 27:** Apport énergétique de 100g de biscuit fonctionnel formulé.

<b>Valeurs nutritionnelles moyennes pour 100g</b>		
	<b>Témoin</b>	<b>Meilleur biscuit</b>
pH	5.85	5.83
Cendres %	4.10	5.21
Fibres	5.4g	6.7g
Glucides	19.14g	14.21g
Lipides	19.14g	20.30g
Protéines	6g	6g
<b>Valeur énergétique (100g)</b>	<b>272.82 kcal 1141.48 kJ</b>	<b>263.54Kcal 1102.65 KJ</b>

A partir du **Tableau 27**, nous constatons que nos formules de biscuit préparé à partir de farine de blé complet présentent une teneur en glucides supérieure à celle des biscuits à base de farine de dattes. Cependant, notre formule de meilleur biscuit (farine de dattes) présente une teneur légèrement inférieure à celle de biscuit témoin à la farine de blé complet. Le contenu en lipides de nos formules de meilleur biscuit est nettement plus élevé que celui de biscuit témoin. Ceci est le résultat d'un enrichissement en matière grasse de nos formules biscuitières. En conséquent, la proportion des protéines, pH se trouve réduite en faveur de celle des glucides et des lipides comparativement au biscuit témoin.

Aussi, nous constatons que nos formules de biscuit témoin présente d'une valeur énergétique supérieure à celle de meilleur biscuit. Elles sont de l'ordre de 272.82 kcal/100 g pour notre formule biscuit témoin, de 263.54 kcal/100g pour celle de meilleur biscuit.

La teneur en cendres de biscuit fonctionnel a été augmentée par rapport au biscuit témoin significativement par l'incorporation de la farine de datte. Ce résultat montre que l'addition de la farine de datte aux produits céréaliers améliore ses valeurs nutritionnelles. La différence en teneur des cendres entre le biscuit témoin et le biscuit fonctionnel est certainement due à la qualité et la quantité de la farine ajoutée.

Le biscuit fonctionnel présente une haute teneur en fibres par rapport au biscuit témoin. Ce résultat est obtenu par un résultat évident de la substitution de la farine de blé par la farine de blé complet et la farine de datte qui sont riche en fibres.

# ***Conclusion***

### Conclusion

Cette étude a été menée dans le but d'optimiser la formulation de biscuits fonctionnels par la méthodologie des surfaces de réponses.

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent que les trois facteurs (rapport farine de blé complet et farine de dattes, teneurs en matière grasse et en sucre) ont un effet significatif sur l'acceptabilité sensorielle totale. Cependant, le facteur d'influence le plus importante est la matière grasse en linéaire et en quadratique.

Les contours, les graphiques des effets principaux et le profil de désirabilité du biscuit ont permis de déterminer les conditions optimales permettant d'obtenir les attributs sur l'acceptabilité totale des consommateurs. En effet, 40% de matière grasse, 92% de farine blé complet et 8% de farine de dattes, et une valeur du sucre inférieur à 28% ont conduit au meilleur biscuit formulé.

Les résultats de la mesure de l'humidité du produit fini ont indiqué que les teneurs en eau de biscuit témoin et du meilleur biscuit élaboré se situent dans un intervalle optimal, ceci s'est reflété dans la structure finale du biscuit notamment sur ses propriétés fonctionnelles et texturales.

Les analyses physico-chimiques du biscuit optimisé ont révélé sa richesse en nutriments et sa haute densité énergétique. Parmi ces propriétés, nous avons trouvé que la valeur énergétique de biscuit était de 263.54 Kcal pour 100g. Les valeurs obtenues sont considérées comme optimales pour un biscuit au cours de son refroidissement.

Nous pouvons noter que l'obtention d'un biscuit fonctionnel avec une bonne qualité organoleptique, nécessite un choix adéquat des ingrédients, ainsi que de leurs quantités dans la formulation, ceci est rendu possible par la méthode d'optimisation qui nous donne les meilleures combinaisons entre les facteurs étudiés. Le maintien du pH dans un intervalle optimal est également nécessaire pour avoir un produit fini d'une qualité organoleptique souhaitable.

D'après les résultats des travaux antérieurs menés sur la formulation de biscuits fonctionnels, la MSR s'est avérée être la méthode la plus efficace en termes de détermination de la qualité du produit fini.

Enfin, il serait intéressant de compléter ce travail par d'autres études plus approfondies et nous préconisons comme perspectives :



## Conclusion

---

- Effectuer des études approfondies sur la qualité nutritionnelle des biscuits enrichis en farine de dattes ;
- Elargir l'incorporation de cette farine dans le domaine de la pâtisserie, viennoiserie et boulangerie ;
- Ajouter d'autres ingrédients à valeur ajoutée tels que : les graines de sésame, les fruits secs et le chocolat noir ;
- Lancer le meilleur biscuit formulé sur le marché local.

***RÉFÉRENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

### Références bibliographiques

- ABOU-ZEID A.A; NABEH A et BAGHLAF O., 1991- The formation of ox tetracycline in a date coat medium. *Bioresource Technologies*. 37p.
- ABSI R., 2010-Analyse de la diversité variétale du palmier Dattier (*Phoenix dactylifera L.*). Mémoire de Magister en science agronomiques. Université Mohamed KHIDER Biskra .105p.
- Aleksandra Szydłowska-Czerniak, Szymon Poliński, and Monika Momot (2021). Optimization of Ingredients for Biscuits Enriched with Rapeseed Press Cake—Changes in Their Antioxidant and Sensory Properties, *I(4)*, 1558.
- Al-Farsi\*, M. A., & Lee, C. Y. (2008). Nutritional and functional properties of dates: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(10), 877-887.
- Ben Mbarek S et Deboub I., 2015 : « Valorisation des sous-produits du palmier dattier et leurs utilisations ».
- Biscuit Nutrition Facts and Health Benefits; By Jill Corleone, RD Published on October 12, 2021: <https://www.verywellfit.com/biscuit-nutrition-and-health-benefits-5205179>
- Dada, M, Nwawe, C.N, Okere, R.A and Uwubanmwun, I.O (2012) Potentials of Date Palm Tree to the Nigerian Economy. *World Journal of Agricultural Sciences* 8(3): 309-315.
- DENIS, Amélie. Les biscuits et gâteaux : toute une diversité. *Cahiers de Nutrition et de diététique*, 2011, vol. 46, no 2, p. 86-94
- Dhankhar, J., Vashistha, N., & Sharma, A. (2021). Development of biscuits by partial substitution of refined wheat flour with chickpea flour and date powder. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021, 1093-1097.
- Dounia, B., & Imane, B. (2015). Contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de quelques variétés des dattes Algériennes.
- Eliane Flore Eyenga, Hippolyte Tene Mouafo, Mercy Bih Loh Achu, Wilfred F. Mbacham, and Sali Atanga Ndindeng (2021). Optimization of the Formulation of Rice Biscuits Supplemented with *D. Edulis (L.)* Powder Using Response Surface Methodology. *International Journal of Food Science*, n°5215367, 12 pages.
- Elleby, C., Domínguez, I. P., Adenauer, M., & Genovese, G. (2020). Impacts of the COVID-19 pandemic on the global agricultural markets. *Environmental and Resource Economics*, 76(4), 1067-1079.

## Références bibliographiques

---

- Erleen Tilton, (2011). [www.livingahealthylifestyle.com](http://www.livingahealthylifestyle.com) accessed 5th April, 2016. posted on Tues 28 June, 2011.
- FUSTIER, P.J... Influence des fractions de mouture de blé tendre (farine patente, De coupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits. Thèse de Doctorat, Option Sciences en Technologies des Aliments, Département des Sciences des aliments et de Nutrition, Faculté des sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Québec, 2006, p. 54
- Journal of Plant and Soil Science. 3(3): 248-259.
- J Microbiol Biotech Food Sci / Dhankhar et al. 2019. Development of biscuits by partial substitution of refined wheat flour with chickpea flour and date powder: 8 (4) 1093-1097.
- Hamza, A.M, Agho Collins, Ado, S.G, Ikuenobe, C.E, Ataga, C.D and Odewal, J.O (2014). International
- Iftikhar, F., Kumar, A., Altaf, U. 2015. Development and quality evaluation of cookies fortified with date paste (*Phoenix dactylifera* L). International Journal of Science, Engineering and Technology, 3, 2348-4098.
- Kigerj. L., Kigerj. G. Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. Dunod... Paris, 1967, vol. 1, p 696.
- Li, Y., Sun, Y., Zhong, M., Xie, F., Wang, H., Li, L., ... & Zhang, S. (2020). Digestibility, textural and sensory characteristics of cookies made from residues of enzyme-assisted aqueous extraction of soybeans. Scientific Reports, 10(1), 1-8.
- Malika, S. E. N. O. U. S. S. I., & Cheyma, C. H. E. N. O. U. F. (2019). Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile des noyaux de dattes (Ghars, Deglat Nour, Meche-Degla (Doctoral dissertation).
- MECHOU, M. MELAZ, L. 2021. Optimisation de quelques paramètres influençant la formulation du fromage fondu par la méthodologie des surfaces de réponse. Mémoire de Fin d'études, Ecole nationale supérieure Agro-alimentaire. 87pages.
- Mohamed, A et al, 2016. Chemical, physical and sensory evaluation of biscuit supplemented with date powder. Minia J. of Agric. Res. & Develop. Vol. (36), No. 2, pp. 215-227, 2016.
- Peter Ikechukwu, A., Okafor, D. C., Kabuo, N. O., Ibeabuchi, J. C., Odimegwu, E. N., Alagbaoso, S. O., ... & Mbah, R. N. (2017). Production and evaluation of cookies

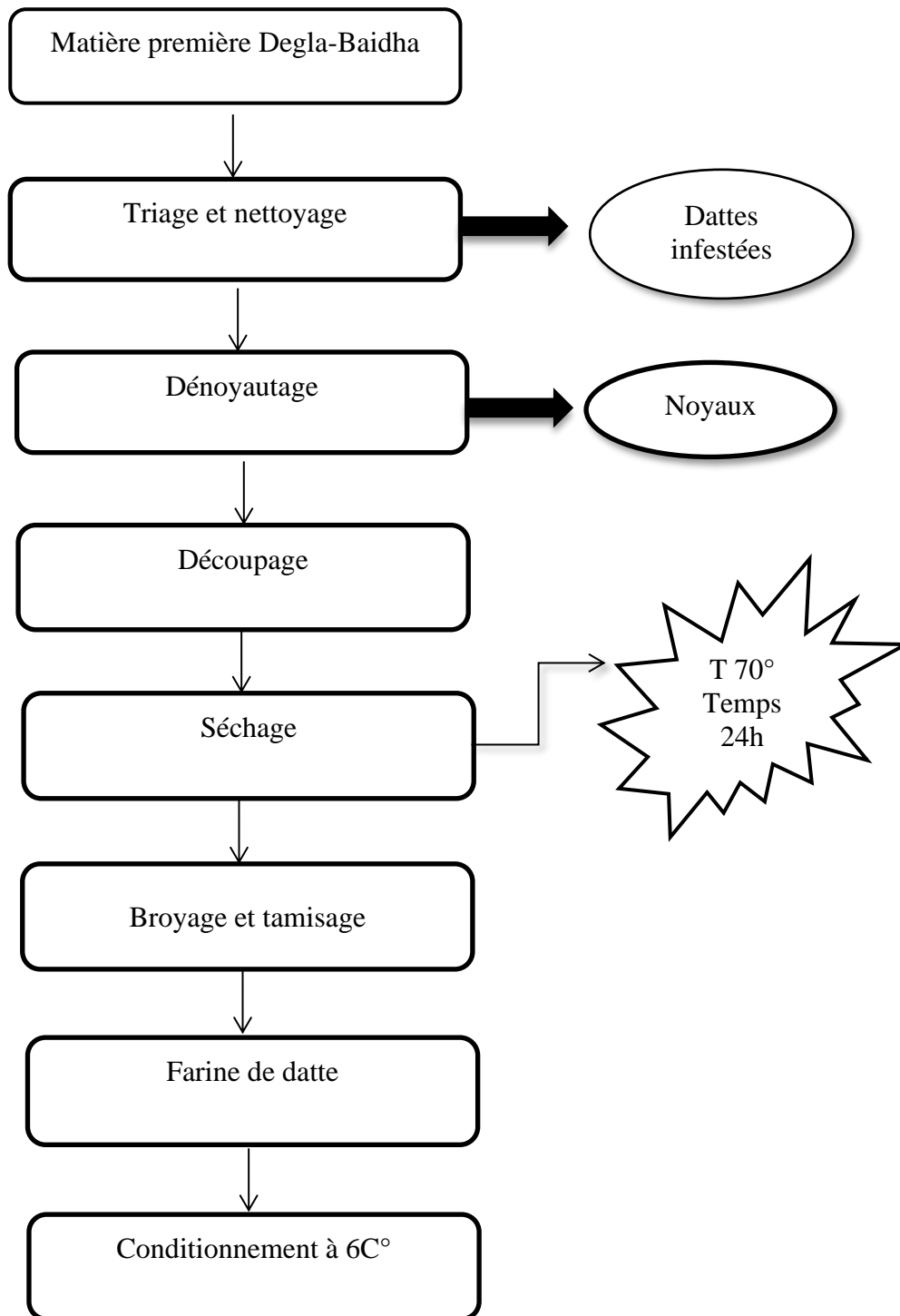
## Références bibliographiques

---

- from whole wheat and date palm fruit pulp as sugar substitute. *Int J Adv Eng Technol Manag Appl Sci*, 4, 1-31.
- Saghir Ahmad\_et al., A review on biscuit, a largest consumed processed product in India, its fortification and nutritional improvement. *Ijsit*, 2014, 3(2), 169-186.
  - Saliha, B. E. Z. G. H. O. U. C. H. E., & Yamina, S. E. L. A. T. N. I. A. (2013). Contribution à l'étude de quelques caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques de quelques variétés de dattes Algériennes.
  - Sokrab, T. E. O. See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/45459776> Hypothalamic hamartoma presenting with gelastic seizures, generalized convulsions, and ictal psychosis.
  - Waleed AL-Ansi, Amer Ali Mahdi, Yan Li, Haifeng Qian, Li Wang, 2018. Optimization and Acceptability Evaluation of Shapporah Biscuits Formulated by Different Ingredients: Using Response Surface Methodology (RSM). *Journal of Food and Nutrition Research*, 2018, Vol. 6, No. 3, 192-199.
  - Yahmi, T., & Tigharghar, D. (2017). Incorporation de la poudre de Dattes (Degla-Beida) dans la fabrication d'un aliment fonctionnel (Sablé) (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
  - YEFSAH\_IDRES et al. (2019). Essai de valorisation de la datte Mech-Degla par sa substitution au sucre blanc dans la formulation d'un biscuit. *Revue Agrobiologia* 2019, 9(2): 1543-1559.

# *Annexes*

**Annexe N°1: Diagramme de transformation de datte en farine.**



**Figure :** Diagramme de transformation de datte en farine.





## Annexes

### Echelle:

**Apparence:** 😞 Pas attirant  
 😐 Moyennement attirant  
 😊 Attirant

**Couleur:** 😞 Mauvaise  
 😐 Acceptable  
 😊 Excellente

**Texture:** 😞 Dur  
 😐 Acceptable  
 😊 Croustillant

**Arôme:** 😞 Désagréable  
 😐 Moyennement agréable  
 😊 Agréable

**Sensation ressentie en bouche :** 😞 Grumeleux  
 😐 Rugueux  
 😊 Moelleux

**Goût:** 😞 Trop sucré  
 😐 Légèrement sucré  
 😊 Moyennement sucré

**Dureté:** 😞 Ferme  
 😐 Friable  
 😊 Sableux

- **Classement par préférence :** vous devez classer les échantillons dégustés selon votre préférence.

Veillez indiquer votre classement ?

Peu agréable 
➔
 Très agréable

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



**Figure :** Présentation d'un plateau des échantillons remis aux dégustateurs.

### Annexe N°3 : Histogrammes relatifs à l'analyse sensorielle des biscuits formulés.

#### i. Résultats concernant la forme

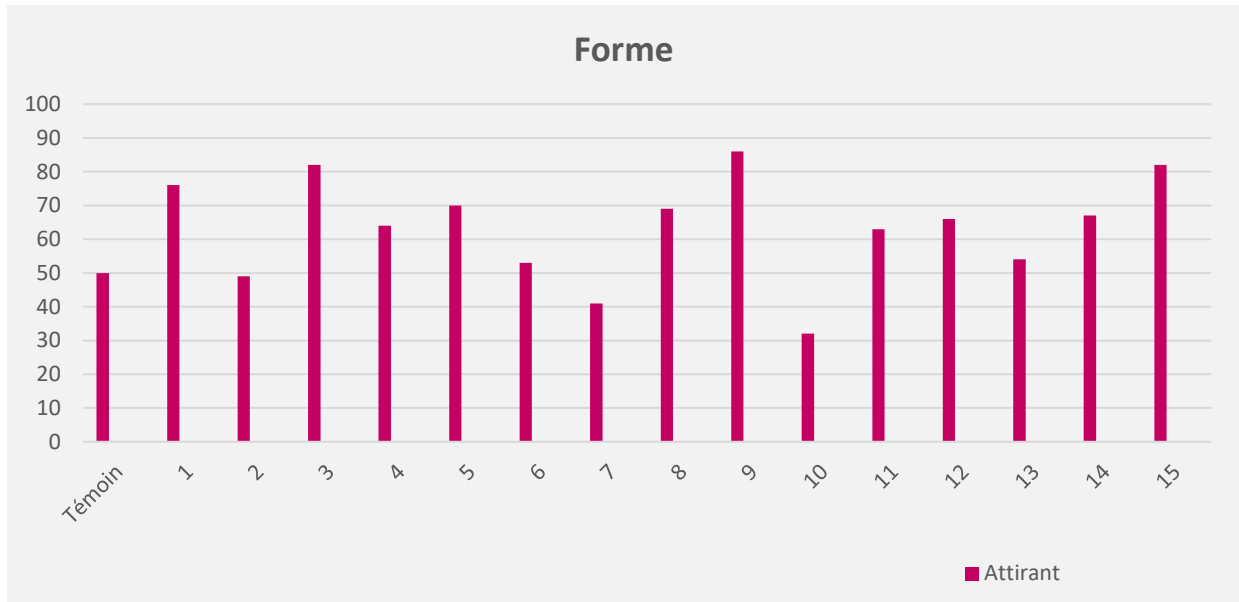


Figure : Histogramme selon la forme des biscuits formulés.

#### ii. Résultats concernant la couleur

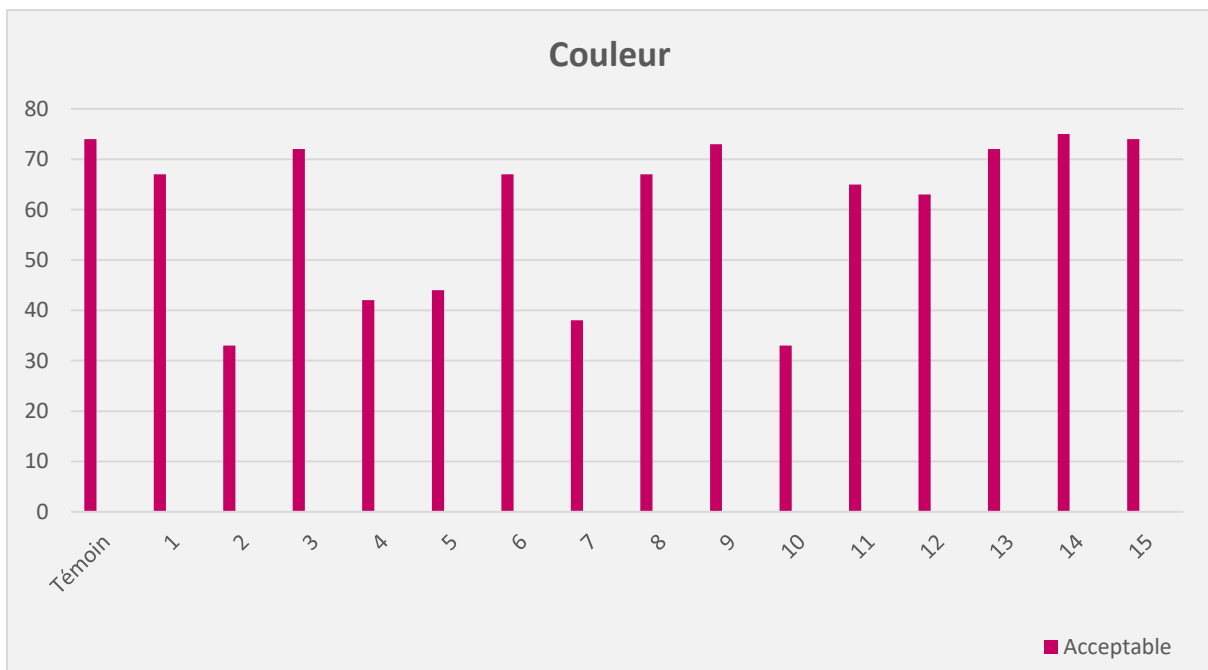


Figure : Histogramme selon la couleur des biscuits formulés.

iii. Résultats concernant la texture

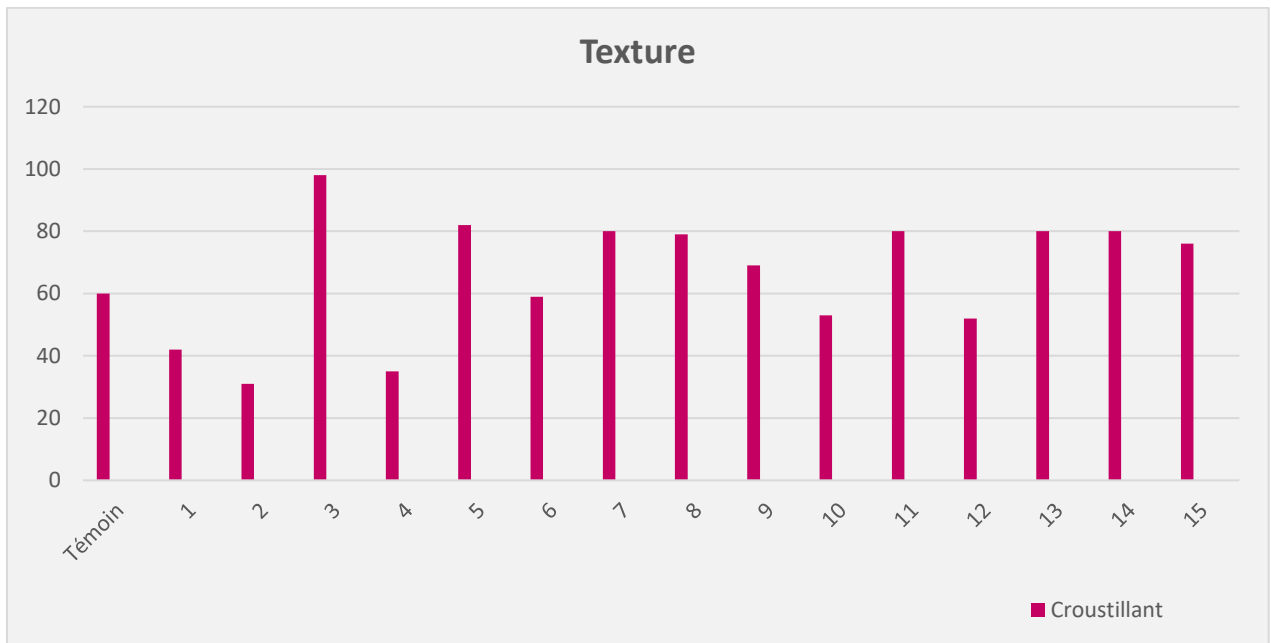


Figure : Histogramme selon la texture des biscuits formulés.

iv. Résultats concernant l'arôme

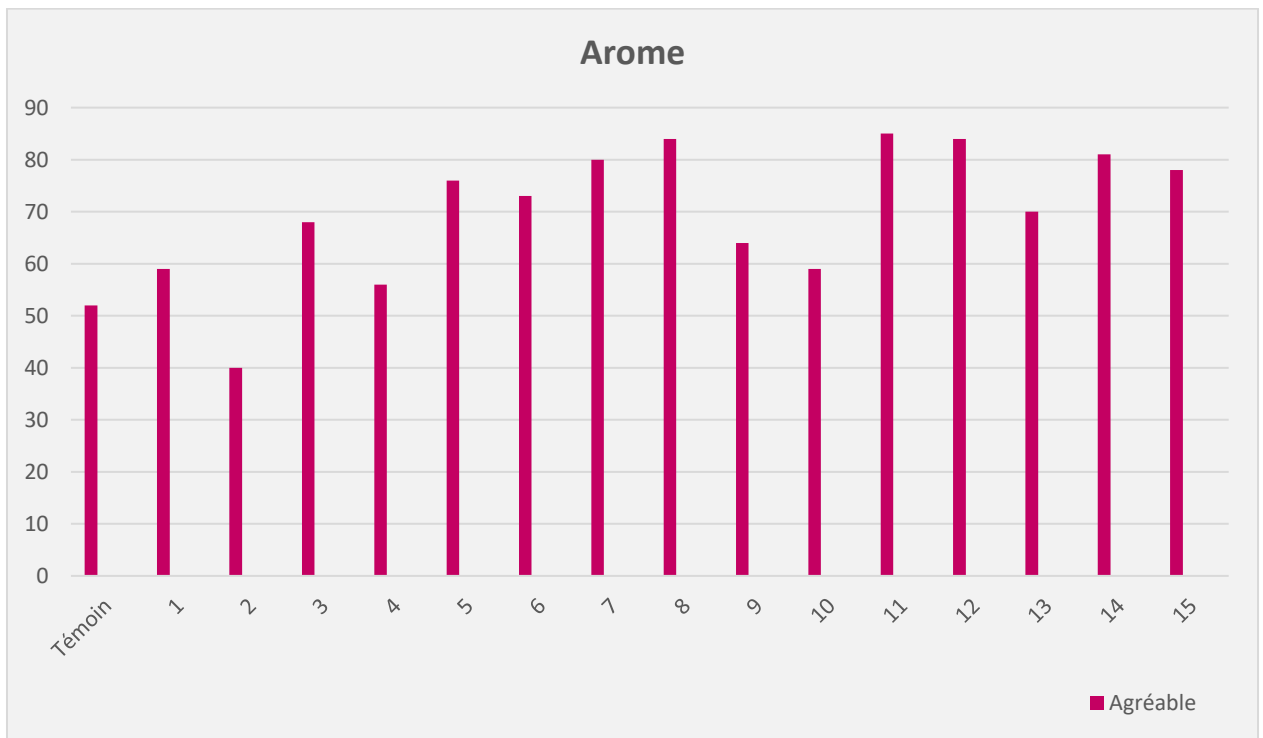


Figure : Histogramme selon l'arôme des biscuits formulés.

v. Résultats concernant les sensations ressenties en bouche

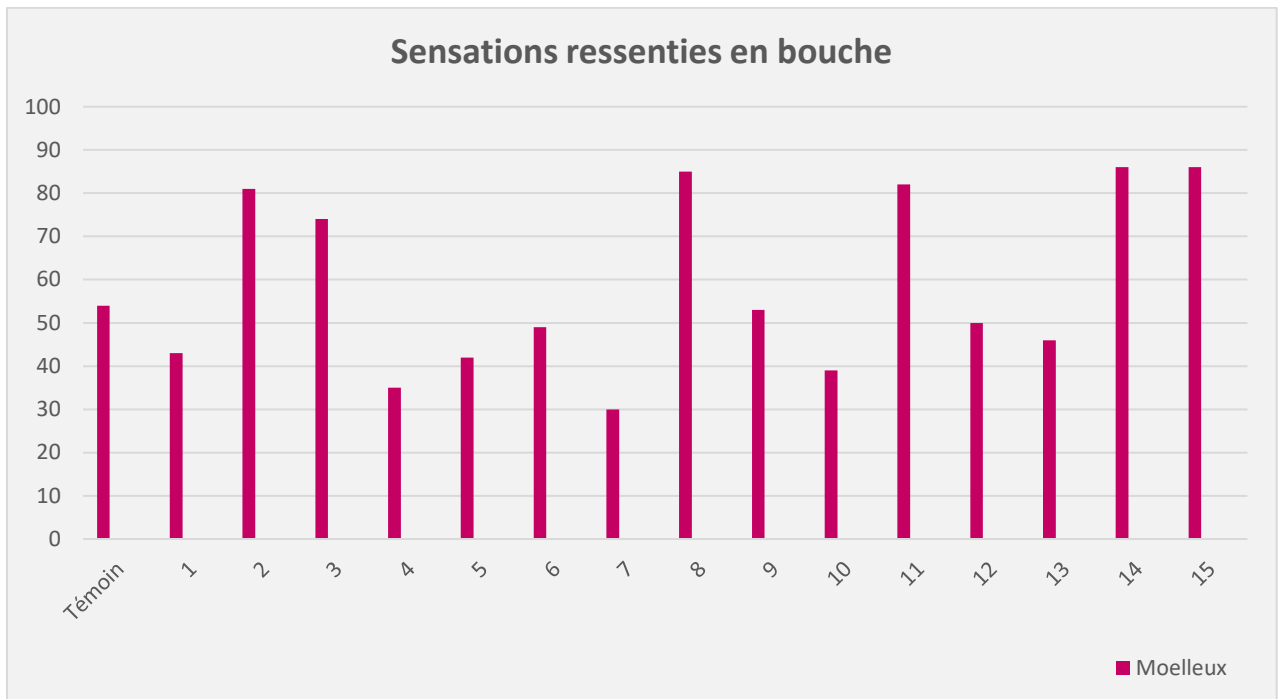


Figure : Histogramme selon les sensations ressenties en bouche des biscuits formulés.

vi. Résultats concernant le gout

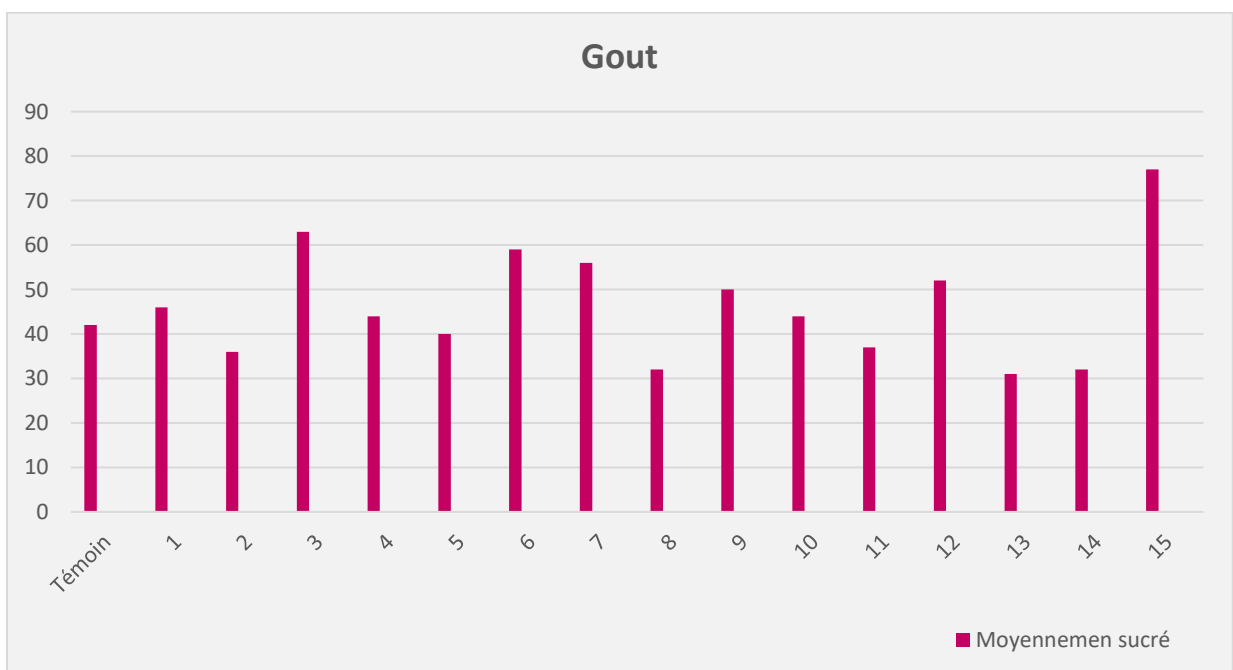


Figure : Histogramme selon le gout des biscuits formulés.

vii. Résultats concernant la dureté

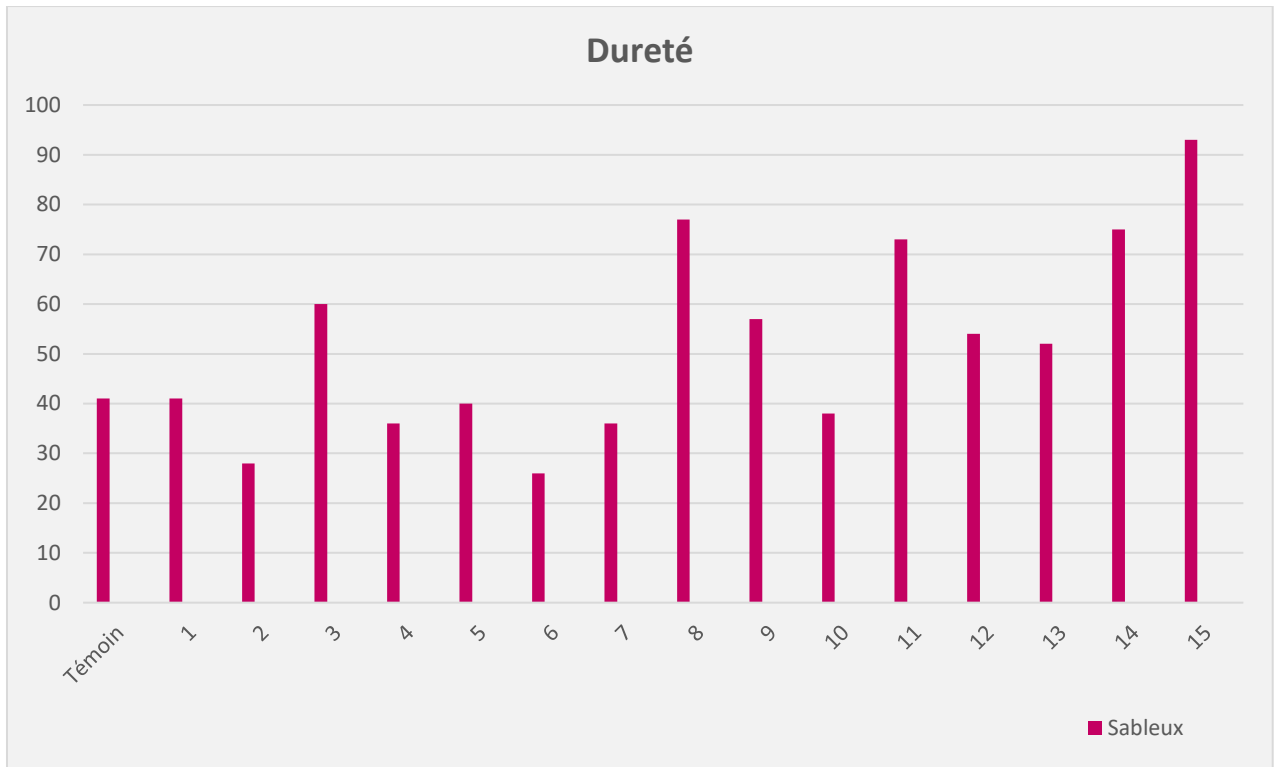


Figure : Histogramme selon la dureté des biscuits formulés.

Annexe N°4 : Figures des analyses physiques du biscuit.

